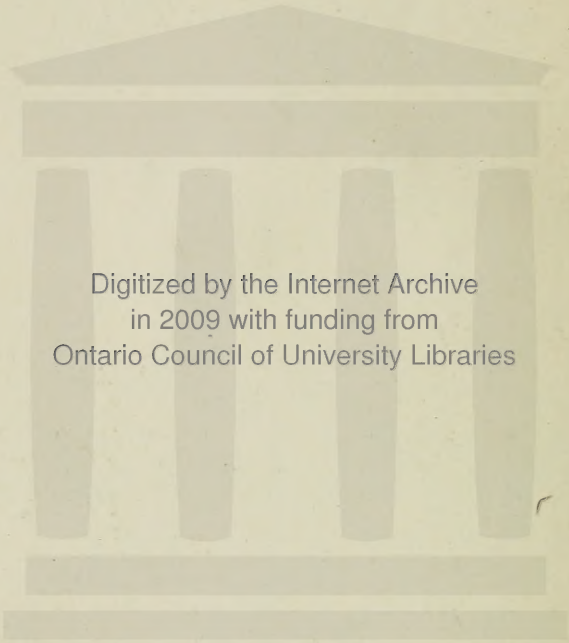
UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 01323229 3

GSELLIUS'SCHE
BUCHHANDLUNG
& ANTIQUARIAT
BERLIN, W.
MOHRENSTRASSE 52

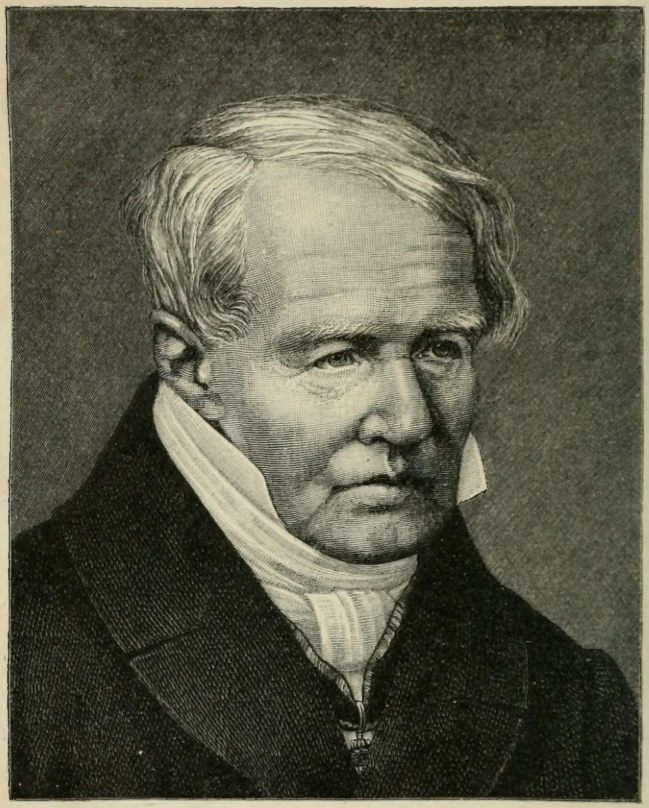
1/4 270-



Digitized by the Internet Archive
in 2009 with funding from
Ontario Council of University Libraries

http://www.archive.org/details/gesammeltewerke01humb

EX LIBRIS
CH. FR. ADOLF SCHAEFER



Alexander von Humboldt.

695461
23.2.59

Gesammelte Werke

von

Alexander von Humboldt.

(Erster Band.)

Kosmos I.

Stuttgart.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

Kosmos.

Entwurf einer physischen Weltbeschreibung

von

Alexander von Humboldt.

Erster Band.

Naturae vero rerum vis atque majestas in omnibus momentis fide earet, si quis modo partes ejus ac non totam complectatur animo. PLIN. H. N. lib. 7, c. 1.

Stuttgart.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

Druck von Gebrüder Kröner in Stuttgart.

Seiner Majestät

dem König

Friedrich Wilhelm IV.

widmet

in tiefer Ehrfurcht und mit herzlichem Dankgefühl

diesen

Entwurf einer physischen Weltbeschreibung

Alexander von Humboldt.

Vorrede.

Ich übergebe am späten Abend eines vielbewegten Lebens dem deutschen Publikum ein Werk, dessen Bild in unbestimmten Umrissen mir fast ein halbes Jahrhundert lang vor der Seele schwebte. In manchen Stimmungen habe ich dieses Werk für unausführbar gehalten und bin, wenn ich es aufgegeben, wieder, vielleicht unvorsichtig, zu demselben zurückgekehrt. Ich widme es meinen Zeitgenossen mit der Schüchternheit, die ein gerechtes Mißtrauen in das Maß meiner Kräfte mir einflößen muß. Ich suche zu vergessen, daß lange erwartete Schriften gewöhnlich sich minderer Nachsicht zu erfreuen haben.

Wenn durch äußere Lebensverhältnisse und durch einen unwiderstehlichen Drang nach verschiedenartigem Wissen ich veranlaßt worden bin, mich mehrere Jahre und scheinbar ausschließlich mit einzelnen Disziplinen: mit beschreibender Botanik, mit Geognosie, Chemie, astronomischen Ortsbestimmungen und Erdmagnetismus als Vorbereitung zu einer großen Reiseexpedition zu beschäftigen, so war doch immer der eigentliche Zweck des Erlernens ein höherer. Was mir den Hauptantrieb gewährte, war das Bestreben, die Erscheinungen der körperlichen Dinge in ihrem allgemeinen Zusammenhange, die Natur als ein durch innere Kräfte bewegtes und belebtes Ganzes aufzufassen. Ich war durch den Umgang mit hochbegabten Männern früh zu der Einsicht gelangt, daß ohne den ernsten Hang nach der Kenntnis des Einzelnen alle große und allgemeine Weltanschauung nur ein Luftgebilde sein könne. Es sind aber die Einzelheiten im Naturwissen ihrem inneren Wesen nach fähig, wie durch eine aneignende Kraft sich gegenseitig zu befruchten. Die beschreibende Botanik, nicht mehr in den engen Kreis der Bestimmung von Geschlechtern und Arten festgebannt,

führt den Beobachter, welcher ferne Länder und hohe Gebirge durchwandert, zu der Lehre von der geographischen Verteilung der Pflanzen über den Erdboden nach Maßgabe der Entfernung vom Aequator und der senkrechten Erhöhung des Standortes. Um nun wiederum die verwickelten Ursachen dieser Verteilung aufzuklären, müssen die Gesetze der Temperaturverschiedenheit der Klimate wie der meteorologischen Prozesse im Luftkreis erspäht werden. So führt den wißbegierigen Beobachter jede Klasse von Erscheinungen zu einer anderen, durch welche sie begründet wird oder die von ihr abhängt.

Es ist mir ein Glück geworden, das wenige wissenschaftliche Reisende in gleichem Maß mit mir geteilt haben: das Glück, nicht bloß Küstenländer, wie auf den Erdumsegelungen, sondern das Innere zweier Kontinente in weiten Räumen und zwar da zu sehen, wo diese Räume die auffallendsten Kontraste der alpinischen Tropenlandschaft von Südamerika mit der öden Steppennatur des nördlichen Asiens darbieten. Solche Unternehmungen mußten, bei der eben geschilderten Richtung meiner Bestrebungen, zu allgemeinen Ansichten aufmuntern, sie mußten den Mut beleben, unsere dermalige Kenntnis der siderischen und tellurischen Erscheinungen des Kosmos in ihrem empirischen Zusammenhange in einem einzigen Werke abzuhandeln. Der bisher unbestimmt aufgefaßte Begriff einer *physischen Erdbeschreibung* ging so durch erweiterte Betrachtung, ja, nach einem vielleicht allzu kühnen Plane, durch das Umfassen alles Geschaffenen im Erd- und Himmelsraume in den Begriff einer *physischen Weltbeschreibung* über.

Bei der reichen Fülle des Materials, welches der ordnende Geist beherrschen soll, ist die Form eines solchen Werkes, wenn es sich irgend eines litterarischen Vorzugs erfreuen soll, von großer Schwierigkeit. Den Naturschilderungen darf nicht der Hauch des Lebens entzogen werden, und doch erzeugt das Aneinanderreihen bloß allgemeiner Resultate einen ebenso ermüdenden Eindruck als die Anhäufung zu vieler Einzelheiten

der Beobachtung. Ich darf mir nicht schmeicheln, so verschiedenartigen Bedürfnissen der Komposition genügt, Klippen vermieden zu haben, die ich nur zu bezeichnen verstehe. Eine schwache Hoffnung gründet sich auf die besondere Nachsicht, welche das deutsche Publikum einer kleinen Schrift, die ich unter dem Titel Ansichten der Natur gleich nach meiner Rückkunft aus Mexiko veröffentlicht, lange Zeit geschenkt hat. Diese Schrift behandelte einzelne Teile des Erdenlebens (Pflanzengestaltung, Grasfluren und Wüsten) unter generellen Beziehungen. Sie hat mehr durch das gewirkt, was sie in empfänglichen, mit Phantasie begabten jungen Gemütern erweckt hat, als durch das, was sie geben konnte. In dem Kosmos, an welchem ich jetzt arbeite, wie in den Ansichten der Natur habe ich zu zeigen gesucht, daß eine gewisse Gründlichkeit in der Behandlung der einzelnen Thatsachen nicht unbedingt Farbenlosigkeit in der Darstellung erheischt.

Da öffentliche Vorträge ein leichtes und entscheidendes Mittel darbieten, um die gute oder schlechte Verkettung einzelner Teile einer Lehre zu prüfen, so habe ich viele Monate lang erst zu Paris in französischer Sprache und später zu Berlin in unserer vaterländischen Sprache fast gleichzeitig in der großen Halle der Singakademie und in einem der Hörsäle der Universität Vorlesungen über die physische Weltbeschreibung, wie ich die Wissenschaft aufgefaßt, gehalten. Bei freier Rede habe ich in Frankreich und Deutschland nichts über meine Vorträge schriftlich aufgezeichnet. Auch die Hefte, welche durch den Fleiß aufmerksamer Zuhörer entstanden sind, blieben mir unbekannt, und wurden daher bei dem jetzt erscheinenden Buche auf keine Weise benutzt. Die ersten vierzig Seiten des ersten Bandes abgerechnet, ist alles von mir in den Jahren 1843 und 1844 zum erstenmal niedergeschrieben. Wo der jetzige Zustand des Beobachteten und der Meinungen (die zunehmende Fülle des ersteren ruft unwiederbringlich Veränderungen in den letzteren hervor) geschildert werden soll, ge-

winnt, glaube ich, diese Schilderung an Einheit, an Frische und innerem Leben, wenn sie an eine bestimmte Epoche geknüpft ist. Die Vorlesungen und der Kosmos haben also nichts mit einander gemein als etwa die Reihenfolge der Gegenstände, die sie behandelt. Nur den „einleitenden Betrachtungen" habe ich die Form einer Rede gelassen, in die sie teilweise eingeflochten waren.

Den zahlreichen Zuhörern, welche mit so vielem Wohlwollen meinen Vorträgen in dem Universitätsgebäude gefolgt sind, ist es vielleicht angenehm, wenn ich als eine Erinnerung an jene längst verflossene Zeit, zugleich aber auch als ein schwaches Denkmal meiner Dankgefühle hier die Verteilung der einzeln abgehandelten Materien unter die Gesamtzahl der Vorlesungen (vom 3. November 1827 bis 26. April 1828, in 61 Vorträgen) einschalte: Wesen und Begrenzung der physischen Weltbeschreibung, allgemeines Naturgemälde 5 Vorträge; Geschichte der Weltanschauung 3, Anregungen zum Naturstudium 2, Himmelsräume 16; Gestalt, Dichte, innere Wärme, Magnetismus der Erde und Polarlicht 5; Natur der starren Erdrinde, heiße Quellen, Erdbeben, Vulkanismus 4; Gebirgsarten, Typen der Formationen 2; Gestalt der Erdoberfläche, Gliederung der Kontinente, Hebung auf Spalten 2; tropfbar-flüssige Umhüllung: Meer 3, elastisch-flüssige Umhüllung, Atmosphäre, Wärmeverteilung 10; geographische Verteilung der Organismen im allgemeinen 1; Geographie der Pflanzen 3, Geographie der Tiere 3, Menschenrassen 2.

Der erste Band meines Werkes enthält: Einleitende Betrachtungen über die Verschiedenartigkeit des Naturgenusses und die Ergründung der Weltgesetze, Begrenzung und wissenschaftliche Behandlung der physischen Weltbeschreibung; ein allgemeines Naturgemälde als Uebersicht der Erscheinungen im Kosmos. Indem das allgemeine Naturgemälde von den fernsten Nebelflecken und kreisenden Doppelsternen des Weltraums zu den tellurischen Erscheinungen der Geographie der

Organismen (Pflanzen, Tiere und Menschenrassen) herabsteigt, enthält es schon das, was ich als das Wichtigste und Wesentlichste meines ganzen Unternehmens betrachte: die innere Verkettung des Allgemeinen mit dem Besonderen; den Geist der Behandlung in Auswahl der Erfahrungssätze, in Form und Stil der Komposition. Die beiden nachfolgenden Bände sollen die Anregungsmittel zum Naturstudium (durch Belebung von Naturschilderungen, durch Landschaftmalerei und durch Gruppierung exotischer Pflanzengestalten in Treibhäusern); die Geschichte der Weltanschauung, d. h. der allmählichen Auffassung des Begriffs von dem Zusammenwirken der Kräfte in einem Naturganzen, und das Spezielle der einzelnen Disziplinen enthalten, deren gegenseitige Verbindung in dem Naturgemälde des ersten Bandes angedeutet worden ist. Ueberall sind die bibliographischen Quellen* gleichsam die Zeugnisse von der Wirklichkeit und dem Werte der Beobachtungen, da wo es mir nötig schien, sie in Erinnerung zu bringen, von dem Texte getrennt und mit Angabe der Seitenzahl in Anmerkungen an das Ende eines jeden Abschnittes verwiesen. Von meinen eigenen Schriften, in denen ihrer Natur nach die Thatsachen mannigfaltig zerstreut sind, habe ich immer vorzugsweise nur die Originalausgaben angeführt, da es hier auf große Genauigkeit numerischer Verhältnisse ankam und ich in Beziehung auf die Sorgfalt der Uebersetzer von großem Mißtrauen erfüllt bin. Wo ich in seltenen Fällen kurze Sätze aus den Schriften meiner Freunde entlehnt habe, ist die Entlehnung durch den Druck selbst zu erkennen. Ich ziehe nach der Art der Alten die Wiederholung derselben Worte jeder willkürlichen Substituierung uneigentlicher oder umschreibender Ausdrücke vor. Von der in einem friedlichen Werke so gefahrvoll zu behandelnden Geschichte der ersten Entdeckungen wie von

* In der vorliegenden Ausgabe sind die bloßen bibliographischen Referenzen weggelassen und nur solche Anmerkungen beibehalten worden, welche ein inhaltliches Interesse bieten. [D. Herausg.]

vielbestrittenen Prioritätsrechten ist in den Anmerkungen selten die Rede. Wenn ich bisweilen des klassischen Altertums und der glücklichen Uebergangsperiode des durch große geographische Entdeckungen wichtig gewordenen fünfzehnten und sechzehnten Jahrhunderts erwähnt habe, so ist es nur geschehen, weil in dem Bereich allgemeiner Ansichten der Natur es dem Menschen ein Bedürfnis ist, sich von Zeit zu Zeit dem Kreise streng dogmatisierender moderner Meinungen zu entziehen und sich in das freie, phantasiereiche Gebiet älterer Ahnungen zu versenken.

Man hat es oft eine nicht erfreuliche Betrachtung genannt, daß, indem rein litterarische Geistesprodukte gewurzelt sind in den Tiefen der Gefühle und der schöpferischen Einbildungskraft, alles, was mit der Empirie, mit Ergründung von Naturerscheinungen und physischer Gesetze zusammenhängt, in wenigen Jahrzehnten, bei zunehmender Schärfe der Instrumente und allmählicher Erweiterung des Horizontes der Beobachtung, eine andere Gestaltung annimmt, ja daß, wie man sich auszudrücken pflegt, veraltete naturwissenschaftliche Schriften als unlesbar der Vergessenheit übergeben sind. Wer von einer echten Liebe zum Naturstudium und von der erhabenen Würde desselben beseelt ist, kann durch nichts entmutigt werden, was an eine künftige Vervollkommnung des menschlichen Wissens erinnert. Viele und wichtige Teile dieses Wissens, in den Erscheinungen der Himmelsräume wie in den tellurischen Verhältnissen, haben bereits eine feste, schwer zu erschütternde Grundlage erlangt. In anderen Teilen werden allgemeine Gesetze an die Stelle der partikulären treten, neue Kräfte ergründet, für einfach gehaltene Stoffe vermehrt oder zergliedert werden. Ein Versuch, die Natur lebendig und in ihrer erhabenen Größe zu schildern, in dem wellenartig wiederkehrenden Wechsel physischer Veränderlichkeit das Beharrliche aufzuspüren, wird daher auch in späteren Zeiten nicht ganz unbeachtet bleiben.

Potsdam im November 1844.

Kosmos.

Einleitende Betrachtungen

über

die Verschiedenartigkeit des Naturgenusses

und eine

wissenschaftliche Ergründung der Weltgesetze.

Vorgetragen am Tage der Eröffnung der Vorlesungen in der großen Halle der Singakademie zu Berlin. — Mehrere Einschaltungen gehören einer späteren Zeit an.

Wenn ich es unternehme, nach langer Abwesenheit aus dem deutschen Vaterlande, in freien Unterhaltungen über die Natur die allgemeinen physischen Erscheinungen auf unserem Erdkörper und das Zusammenwirken der Kräfte im Weltall zu entwickeln, so finde ich mich mit einer zwiefachen Besorgnis erfüllt. Einesteils ist der Gegenstand, den ich zu behandeln habe, so unermeßlich und die mir vorgeschriebene Zeit so beschränkt, daß ich fürchten muß, in eine encyklopädische Oberflächlichkeit zu verfallen oder, nach Allgemeinheit strebend, durch aphoristische Kürze zu ermüden. Anderenteils hat eine vielbewegte Lebensweise mich wenig an öffentliche Vorträge gewöhnt; und in der Befangenheit meines Gemüts wird es mir nicht immer gelingen, mich mit der Bestimmtheit und Klarheit auszudrücken, welche die Größe und die Mannigfaltigkeit des Gegenstandes erheischen. Die Natur ist das Reich der Freiheit; und um lebendig die Anschauungen und Gefühle zu schildern, welche ein reiner Naturſinn gewährt, sollte auch die Rede stets sich mit der Würde und Freiheit bewegen, welche nur hohe Meisterschaft ihr zu geben vermag.

Wer die Resultate der Naturforschung nicht in ihrem Verhältnis zu einzelnen Stufen der Bildung oder zu den individuellen Bedürfnissen des geselligen Lebens, sondern in ihrer großen Beziehung auf die gesamte Menschheit betrachtet;

dem bietet sich, als die erfreulichste Frucht dieser Forschung, der Gewinn dar, durch Einsicht in den Zusammenhang der Erscheinungen den Genuß der Natur vermehrt und veredelt zu sehen. Eine solche Veredelung ist aber das Werk der Beobachtung, der Intelligenz und der Zeit, in welcher alle Richtungen der Geisteskräfte sich reflektieren. Wie seit Jahrtausenden das Menschengeschlecht dahin gearbeitet hat, in dem ewig wiederkehrenden Wechsel der Weltgestaltungen das Beharrliche des Gesetzes aufzufinden und so allmählich durch die Macht der Intelligenz den weiten Erdkreis zu erobern, lehrt die Geschichte den, welcher den uralten Stamm unseres Wissens durch die tiefen Schichten der Vorzeit bis zu seinen Wurzeln zu verfolgen weiß. Diese Vorzeit befragen, heißt dem geheimnisvollen Gange der Ideen nachspüren, auf welchem dasselbe Bild, das früh dem inneren Sinne als ein harmonisch geordnetes Ganzes, Kosmos, vorschwebte, sich zuletzt wie das Ergebnis langer, mühevoll gesammelter Erfahrungen darstellt.

In diesen beiden Epochen der Weltansicht, dem ersten Erwachen des Bewußtseins der Völker und dem endlichen, gleichzeitigen Anbau aller Zweige der Kultur, spiegeln sich zwei Arten des Genusses ab. Den einen erregt, in dem offenen kindlichen Sinne des Menschen, der Eintritt in die freie Natur und das dunkle Gefühl des Einklangs, welcher in dem ewigen Wechsel ihres stillen Treibens herrscht. Der andere Genuß gehört der vollendeteren Bildung des Geschlechts und dem Reflex dieser Bildung auf das Individuum an: er entspringt aus der Einsicht in die Ordnung des Weltalls und in das Zusammenwirken der physischen Kräfte. So wie der Mensch sich nun Organe schafft, um die Natur zu befragen und den engen Raum seines flüchtigen Daseins zu überschreiten; wie er nicht mehr bloß beobachtet, sondern Erscheinungen unter bestimmten Bedingungen hervorzurufen weiß; wie endlich die Philosophie der Natur, ihrem alten dichterischen Gewande entzogen, den ernsten Charakter einer denkenden Betrachtung des Beobachteten annimmt: treten klare Erkenntnis und Begrenzung an die Stelle dumpfer Ahnungen und unvollständiger Induktionen. Die dogmatischen Ansichten der vorigen Jahrhunderte leben dann nur fort in den Vorurteilen des Volks und in gewissen Disziplinen, die, in dem Bewußtsein ihrer Schwäche, sich gern in Dunkelheit hüllen. Sie erhalten sich auch als ein lästiges Erbteil in den Sprachen, die sich durch symbolisierende Kunstwörter und geistlose Formen ver-

umstalten. Nur eine kleine Zahl sinniger Bilder der Phantasie, welche, wie vom Dufte der Urzeit umflossen, auf uns gekommen sind, gewinnen bestimmtere Umrisse und eine erneuerte Gestalt.

Die Natur ist für die denkende Betrachtung Einheit in der Vielheit, Verbindung des Mannigfaltigen in Form und Mischung, Inbegriff der Naturdinge und Naturkräfte, als ein lebendiges Ganzes. Das wichtigste Resultat des sinnigen physischen Forschens ist daher dieses: in der Mannigfaltigkeit die Einheit zu erkennen; von dem Individuellen alles zu umfassen, was die Entdeckungen der letzteren Zeitalter uns darbieten; die Einzelheiten prüfend zu sondern und doch nicht ihrer Masse zu unterliegen: der erhabenen Bestimmung des Menschen eingedenk, den Geist der Natur zu ergreifen, welcher unter der Decke der Erscheinungen verhüllt liegt. Auf diesem Wege reicht unser Bestreben über die enge Grenze der Sinnenwelt hinaus; und es kann uns gelingen, die Natur begreifend, den rohen Stoff empirischer Anschauung gleichsam durch Ideen zu beherrschen.

Wenn wir zuvörderst über die verschiedenen Stufen des Genusses nachdenken, welchen der Anblick der Natur gewährt; so finden wir, daß die erste unabhängig von der Einsicht in das Wirken der Kräfte, ja fast unabhängig von dem eigentümlichen Charakter der Gegend ist, die uns umgibt. Wo in der Ebene, einförmig, gesellige Pflanzen den Boden bedecken und auf grenzenloser Ferne das Auge ruht; wo des Meeres Wellen das Ufer sanft bespülen und durch Ulfen und grünenden Seetang ihren Weg bezeichnen: überall durchdringt uns das Gefühl der freien Natur, ein dumpfes Ahnen ihres „Bestehens nach inneren ewigen Gesetzen". In solchen Anregungen ruht eine geheimnisvolle Kraft; sie sind erheiternd und lindernd, stärken und erfrischen den ermüdeten Geist, besänftigen oft das Gemüt, wenn es schmerzlich in seinen Tiefen erschüttert oder vom wilden Drange der Leidenschaften bewegt ist. Was ihnen Ernstes und Feierliches beiwohnt, entspringt aus dem fast bewußtlosen Gefühle höherer Ordnung und innerer Gesetzmäßigkeit der Natur; aus dem Eindruck ewig wiederkehrender Gebilde, wo in dem Besondersten des Organismus das Allgemeine sich spiegelt; aus dem Kontraste zwischen dem sittlich Unendlichen und der eigenen Beschränktheit, der wir zu entfliehen streben. In jedem Erdstriche, überall wo die wechselnden Gestalten des Tier- und Pflanzenlebens sich

darbieten, auf jeder Stufe intellectueller Bildung sind dem Menschen diese Wohlthaten gewährt.

Ein anderer Naturgenuß, ebenfalls nur das Gefühl ansprechend, ist der, welchen wir, nicht dem bloßen Eintritt in das Freie (wie wir tief bedeutsam in unserer Sprache sagen), sondern dem individuellen Charakter einer Gegend, gleichsam der physiognomischen Gestaltung der Oberfläche unseres Planeten verdanken. Eindrücke solcher Art sind lebendiger, bestimmter und deshalb für besondere Gemütszustände geeignet. Bald ergreift uns die Größe der Naturmassen im wilden Kampfe der entzweiten Elemente oder, ein Bild des Unbeweglich-Starren, die Oede der unermeßlichen Grasfluren und Steppen, wie in dem gestaltlosen Flachlande der Neuen Welt und des nördlichen Asiens; bald fesselt uns, freundlicheren Bildern hingegeben, der Anblick der bebauten Flur, die erste Ansiedelung des Menschen, von schroffen Felsschichten umringt, am Rande des schäumenden Gießbachs. Denn es ist nicht sowohl die Stärke der Anregung, welche die Stufen des individuellen Naturgenusses bezeichnet, als der bestimmte Kreis von Ideen und Gefühlen, die sie erzeugen und welchen sie Dauer verleihen.

Darf ich mich hier der eigenen Erinnerung großer Naturszenen überlassen: so gedenke ich des Ozeans, wenn in der Milde tropischer Nächte das Himmelsgewölbe sein planetarisches, nicht funkelndes Sternenlicht über die sanftwogende Wasserfläche ergießt; oder der Waldthäler der Kordilleren, wo mit kräftigem Triebe hohe Palmenstämme das düstere Laubdach durchbrechen, und als Säulengänge hervorragen, „ein Wald über dem Walde“; oder des Piks von Teneriffa, wenn horizontale Wolkenschichten den Aschenkegel von der unteren Erdfläche trennen, und plötzlich durch eine Oeffnung, die der aufsteigende Luftstrom bildet, der Blick von dem Rande des Kraters sich auf die weinbekränzten Hügel von Orotava und die Hesperidengärten der Küste hinabsenkt. In diesen Szenen ist es nicht mehr das stille, schaffende Leben der Natur, ihr ruhiges Treiben und Wirken, die uns ansprechen: es ist der individuelle Charakter der Landschaft, ein Zusammenfließen der Umrisse von Wolken, Meer und Küsten im Morgenduft der Inseln; es ist die Schönheit der Pflanzenformen und ihrer Gruppierung. Denn das Ungemessene, ja selbst das Schreckliche in der Natur, alles, was unsere Fassungskraft übersteigt, wird in einer romantischen Gegend zur Quelle des

Genusses. Die Phantasie übt dann das freie Spiel ihrer Schöpfungen an dem, was von den Sinnen nicht vollständig erreicht werden kann; ihr Wirken nimmt eine andere Richtung bei jedem Wechsel in der Gemütsstimmung des Beobachters. Getäuscht, glauben wir von der Außenwelt zu empfangen, was wir selbst in diese gelegt haben.

Wenn nach langer Seefahrt, fern von der Heimat, wir zum erstenmal ein Tropenland betreten, erfreut uns, an schroffen Felswänden, der Anblick derselben Gebirgsarten (des Thonschiefers oder des basaltartigen Mandelsteins), die wir auf europäischem Boden verließen und deren Allverbreitung zu beweisen scheint, es habe die alte Erdrinde sich unabhängig von dem äußeren Einfluß der jetzigen Klimate gebildet; aber diese wohlbekannte Erdrinde ist mit den Gestalten einer fremdartigen Flora geschmückt. Da offenbart sich uns, den Bewohnern der nordischen Zone, von ungewohnten Pflanzenformen, von der überwältigenden Größe des tropischen Organismus und einer exotischen Natur umgeben, die wunderbare aneignende Kraft des menschlichen Gemütes. Wir fühlen uns so mit allem Organischen verwandt, daß, wenn es anfangs auch scheint, als müsse die heimische Landschaft, wie ein heimischer Volksdialekt, uns zutraulicher, und durch den Reiz einer eigentümlichen Natürlichkeit uns inniger anregen als jene fremde üppige Pflanzenfülle, wir uns doch bald in dem Palmenklima der heißen Zone eingebürgert glauben. Durch den geheimnisvollen Zusammenhang aller organischen Gestaltung (und unbewußt liegt in uns das Gefühl der Notwendigkeit dieses Zusammenhangs) erscheinen unserer Phantasie jene exotischen Formen wie erhöht und veredelt aus denen, die unsere Kindheit umgaben. So leiten dunkle Gefühle und die Verkettung sinnlicher Anschauungen, wie später die Thätigkeit der kombinierenden Vernunft, zu der Erkenntnis, welche alle Bildungsstufen der Menschheit durchdringt, daß ein gemeinsames, gesetzliches und darum ewiges Band die ganze lebendige Natur umschlinge.

Es ist ein gewagtes Unternehmen, den Zauber der Sinnenwelt einer Zergliederung seiner Elemente zu unterwerfen. Denn der großartige Charakter einer Gegend ist vorzüglich dadurch bestimmt, daß die eindrucksreichsten Naturerscheinungen gleichzeitig vor die Seele treten, daß eine Fülle von Ideen und Gefühlen gleichzeitig erregt werde. Die Kraft einer solchen über das Gemüt errungenen Herrschaft ist recht

eigentlich an die Einheit des Empfundenen, des Nichtentfalteten geknüpft. Will man aber aus der objektiven Verschiedenheit der Erscheinungen die Stärke des Totalgefühls erklären, so muß man sondernd in das Reich bestimmter Naturgestalten und wirkender Kräfte hinabsteigen. Den mannigfaltigsten und reichsten Stoff für diese Art der Betrachtungen gewährt die landwirtschaftliche Natur im südlichen Asien oder im neuen Kontinent: da, wo hohe Gebirgsmassen den Boden des Luftmeers bilden, und wo dieselben vulkanischen Mächte, welche einst die lange Andesmauer aus tiefen Erdspalten emporgehoben, jetzt noch ihr Werk zum Schrecken der Anwohner oft erschüttern.

Naturgemälde, nach leitenden Ideen aneinander gereihet, sind nicht allein dazu bestimmt, unseren Geist angenehm zu beschäftigen; ihre Reihenfolge kann auch die Graduation der Natureindrücke bezeichnen, deren allmählich gesteigerten Intensität wir aus der einförmigen Leere pflanzenloser Ebenen bis zu der üppigen Blütenfülle der heißen Zone gefolgt sind. Wenn man als ein Spiel der Phantasie den Pilatus auf das Schreckhorn,[1] oder unsere sudetische Schneekoppe auf den Montblanc auftürmt, so hat man noch nicht eine der größten Höhen der Andeskette, den Chimborazo, die doppelte Höhe des Aetna erreicht; wenn man auf den Chimborazo den Rigi oder den Athos türmt, so schaffen wir uns ein Bild von dem höchsten Gipfel des Himalayagebirges, dem Dhawalagiri.[2] Obgleich das indische Gebirge in der Größe seiner kolossalen, jetzt durch wiederholte Messung wohl bestimmten Massen die Andeskette weit übertrifft, so gewährt ihr Anblick doch nicht die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, welche die Kordilleren von Südamerika charakterisieren. Höhe allein bestimmt nicht den Eindruck der Natur. Die Himalayakette liegt schon weit außerhalb der Grenze tropischer Klimate. Kaum verirrt sich eine Palme[3] bis in die schönen Thäler der Vorgebirge von Nepaul und Kumaon. Unter dem 28. und 34. Grade der Breite, am Abhange des alten Paropamisus, entfaltet die vegetabilische Natur nicht mehr die Fülle baumartiger Farnkräuter und Gräser, großblütiger Orchideen und Bananengewächse, welche unter den Wendekreisen bis zu den Hochebenen hinaufsteigen. Unter dem Schatten der zederartigen Deodarafichte und großblätteriger Eichen bedecken das granitartige Gestein europäische und nordasiatische Pflanzenformen. Es sind nicht dieselben Arten, aber ähnliche Gebilde: Wachholder, Alpenbirken, Gentianen, Parnassien und stachlige Ribes-Arten.[4]

Dem Himalaya fehlen die wechselnden Erscheinungen thätiger Vulkane, welche in der indischen Inselwelt drohend an das innere Leben der Erde mahnen. Auch fängt, wenigstens an seinem südlichen Abhange, wo die feuchtere Luft Hindostans ihren Wassergehalt absetzt, der ewige Schnee meist schon in der Höhe von elf- bis zwölftausend Fuß (3570—3900 m) an, und setzt so der Entwickelung des organischen Lebens eine frühere Grenze als in den Aequinoktialgegenden von Südamerika, wo der Organismus fast zweitausend sechshundert Fuß (844 m) höher verbreitet ist.[5]

Die dem Aequator nahe Gebirgsgegend hat einen anderen, nicht genugsam beachteten Vorzug: es ist der Teil der Oberfläche unseres Planeten, wo im engsten Raume die Mannigfaltigkeit der Natureindrücke ihr *Maximum* erreicht. In der tiefgefurchten Andeskette von Neu-Granada und Quito ist es dem Menschen gegeben, alle Gestalten der Pflanzen und alle Gestirne des Himmels gleichzeitig zu schauen. Ein Blick umfaßt Helikonien, hochgefiederte Palmen, Bambusse, und über diesen Formen der Tropenwelt: Eichenwälder, Mespilus-Arten und Doldengewächse, wie in unserer deutschen Heimat; ein Blick umfaßt das südliche Kreuz, die Magelhaensischen Wolken und die leitenden Sterne des Bären, die um den Nordpol kreisen. Dort öffnen der Erde Schoß und beide Hemisphären des Himmels den ganzen Reichtum ihrer Erscheinungen und verschiedenartigen Gebilde; dort sind die Klimate, wie die durch sie bestimmten Pflanzenzonen schichtenweise übereinander gelagert; dort die Gesetze abnehmender Wärme, dem aufmerksamen Beobachter verständlich, mit ewigen Zügen in die Felsenwände der Andeskette, am Abhange des Gebirges, eingegraben. Um diese Versammlung nicht mit Ideen zu ermüden, die ich versucht habe, in einem eigenen Werke über die *Geographie der Pflanzen* bildlich darzustellen, hebe ich hier nur einige wenige Erinnerungen aus dem „Naturgemälde der Tropengegend“ hervor. Was in dem Gefühle umrißlos und duftig wie Bergluft, verschmilzt, kann von der, nach dem Kausalzusammenhang der Erscheinungen grübelnden Vernunft nur in einzelne Elemente zerlegt, als Ausdruck eines individuellen Naturcharakters, begriffen werden. Aber in dem wissenschaftlichen Kreise, wie in den heiteren Kreisen der Landschaftdichtung und Landschaftmalerei, gewinnt die Darstellung um so mehr an Klarheit und objektiver Lebendigkeit, als das Einzelne bestimmt aufgefaßt und begrenzt ist.

Sind die tropischen Länder eindrucksreicher für das Gemüt durch Fülle und Ueppigkeit der Natur, so sind sie zugleich auch (und dieser Gesichtspunkt ist der wichtigste in dem Ideengange, den ich hier verfolge) vorzugsweise dazu geeignet, durch einförmige Regelmäßigkeit in den meteorologischen Prozessen des Luftkreises und in der periodischen Entwickelung des Organismus, durch scharfe Scheidung der Gestalten bei senkrechter Erhebung des Bodens, dem Geiste die gesetzmäßige Ordnung der Himmelsräume, wie abgespiegelt in dem Erdenleben, zu zeigen. Mögen wir einige Augenblicke bei diesem Bilde der Regelmäßigkeit, die selbst an Zahlenverhältnisse geknüpft ist, verweilen.

In den heißen Ebenen, die sich wenig über die Meeresfläche der Südsee erheben, herrscht die Fülle der Pisanggewächse, der Cykadeen und Palmen; ihr folgen, von hohen Thalwänden beschattet, baumartige Farnkräuter und, in üppiger Naturkraft, von kühlem Wolkennebel unaufhörlich getränkt und erfrischt, die Cinchonen, welche die lange verkannte, wohlthätige Fieberrinde geben. Wo der hohe Baumwuchs aufhört, blühen, gesellig aneinander gedrängt, Aralien, Thibaudien und myrtenblättrige Andromeden. Einen purpurroten Gürtel bildet die Alpenrose der Kordilleren, die harzreiche Befaria. Dann verschwinden allmählich, in der stürmischen Region der Paramos,[6] die höheren Gesträuche und die großblütigen Kräuter. Rispentragende Monokotyledonen bedecken einförmig den Boden: eine unabsehbare Grasflur, gelb leuchtend in der Ferne; hier weiden einsam das Kamelschaf und die von den Europäern eingeführten Rinder. Wo die nackten Felsklippen trachytartigen Gesteins sich aus der Rasendecke emporheben, da entwickeln sich, bei mangelnder Dammerde, nur noch Pflanzen niederer Organisation: die Schar der Flechten, welche der dünne, kohlenstoffarme Luftkreis dürftig ernährt; Parmelien, Lecideen und der vielfarbige Keimstaub der Leprarien. Inseln frisch gefallenen Schnees verhüllen hier die letzten Regungen des Pflanzenlebens, bis, scharf begrenzt, die Zone des ewigen Eises beginnt. Durch die weißen, wahrscheinlich hohlen, glockenförmigen Gipfel streben, doch meist vergebens, die unterirdischen Mächte auszubrechen. Wo es ihnen gelungen ist, durch runde, kesselförmige Feuerschlünde oder langgedehnte Spalten mit dem Luftkreise in bleibenden Verkehr zu treten, da stoßen sie, fast nie Laven, aber Kohlensäure, Schwefelhydrate und heiße Wasserdämpfe aus.

Ein so erhabenes Schauspiel konnte bei den Bewohnern der Tropenwelt, in dem ersten Andrange roher Naturgefühle, nur Bewunderung und dumpfes Erstaunen erregen. Der innere Zusammenhang großer, periodisch wiederkehrender Erscheinungen, die einfachen Gesetze, nach denen diese Erscheinungen sich zonenweise gruppieren, bieten sich dort allerdings dem Menschen in größerer Klarheit dar; aber bei den Ursachen, welche in vielen Teilen dieses glücklichen Erdstrichs dem lokalen Entstehen hoher Gesittung entgegentreten, sind die Vorteile eines leichteren Erkennens jener Gesetze (so weit geschichtliche Kunde reicht) unbenutzt geblieben. Gründliche Untersuchungen der neuesten Zeit haben es mehr als zweifelhaft gemacht, daß der eigentliche Ursitz indischer Kultur, einer der herrlichsten Blüten des Menschengeschlechts, deren südöstlichste Verbreitung Wilhelm von Humboldt in seinem großen Werke „über die Kawi-Sprache" entwickelt hat, innerhalb der Wendekreise gewesen sei. Airyana Vaedjô, das alte Zendland, lag im Nordwesten des oberen Indus; und nach dem religiösen Zwiespalt, dem Abfall der Iranier vom brahmanischen Institute und ihrer Trennung von den Indern, hat bei diesen die ursprünglich gemeinschaftliche Sprache ihre eigentümliche Gestaltung, wie das bürgerliche Wesen seine Ausbildung im Magadha[7] oder Madhya Desa, zwischen der kleinen Vindhyakette und dem Himalaya, erlangt.

Tiefere Einsicht in das Wirken der physischen Kräfte hat sich (trotz der Hindernisse, welche, unter höheren Breiten, verwickelte örtliche Störungen in den Naturprozessen des Dunstkreises oder in der klimatischen Verbreitung organischer Gebilde dem Auffinden allgemeiner Gesetze entgegenstellen) doch nur, wenngleich spät, bei den Volksstämmen gefunden, welche die gemäßigte Zone unserer Hemisphäre bewohnen. Von daher ist diese Einsicht in die Tropenregion und in die ihr nahen Länder durch Völkerzüge und fremde Ansiedler gebracht worden: eine Verpflanzung wissenschaftlicher Kultur, die auf das intellektuelle Leben und den industriellen Wohlstand der Kolonieen, wie der Mutterstaaten, gleich wohlthätig eingewirkt hat. Wir berühren hier den Punkt, wo, in dem Kontakt mit der Sinnenwelt, zu den Anregungen des Gemütes sich noch ein anderer Genuß gesellt, ein Naturgenuß, der aus Ideen entspringt: da, wo in dem Kampf der streitenden Elemente das Ordnungsmäßige, Gesetzliche nicht bloß geahnet, sondern vernunftmäßig erkannt wird; wo der Mensch, wie der unsterbliche Dichter sagt:

„sucht den ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht".

Um diesen Naturgenuß, der aus Ideen entspringt, bis zu seinem ersten Keime zu verfolgen, bedarf es nur eines flüchtigen Blickes auf die Entwickelungsgeschichte der Philosophie der Natur oder alten Lehre vom Kosmos.

Ein dumpfes, schauervolles Gefühl von der Einheit der Naturgewalten, von dem geheimnisvollen Bande, welches das Sinnliche und Uebersinnliche verknüpft, ist allerdings (und meine eigenen Reisen haben es bestätigt) selbst wilden Völkern eigen. Die Welt, die sich dem Menschen durch die Sinne offenbart, schmilzt, ihm selbst fast unbewußt, zusammen mit der Welt, welche er, inneren Anklängen folgend, als ein großes Wunderland, in seinem Busen aufbaut. Diese aber ist nicht der reine Abglanz von jener; denn so wenig auch noch das Aeußere von dem Inneren sich loszureißen vermag, so wirkt doch schon unaufhaltsam, bei den rohesten Völkern, die schaffende Phantasie und die symbolisierende Ahnung des Bedeutsamen in den Erscheinungen. Was bei einzelnen mehr begabten Individuen sich als Rudiment einer Naturphilosophie, gleichsam als eine Vernunftanschauung darstellt, ist bei ganzen Stämmen das Produkt instinktiver Empfänglichkeit. Auf diesem Wege, in der Tiefe und Lebendigkeit dumpfer Gefühle, liegt zugleich der erste Antrieb zum Kultus, die Heiligung der erhaltenden wie der zerstörenden Naturkräfte. Wenn nun der Mensch, indem er die verschiedenen Entwickelungsstufen seiner Bildung durchläuft, minder an den Boden gefesselt, sich allmählich zu geistiger Freiheit erhebt, genügt ihm nicht mehr ein dunkles Gefühl, die stille Ahnung von der Einheit aller Naturgewalten. Das zergliedernde und ordnende Denkvermögen tritt in seine Rechte ein; und wie die Bildung des Menschengeschlechts, so wächst gleichmäßig mit ihr, bei dem Anblick der Lebensfülle, welche durch die ganze Schöpfung fließt, der unaufhaltsame Trieb, tiefer in den ursachlichen Zusammenhang der Erscheinungen einzudringen.

Schwer ist es, einem solchen Triebe schnelle und doch sichere Befriedigung zu gewähren. Aus unvollständigen Beobachtungen und noch unvollständigeren Induktionen entstehen irrige Ansichten von dem Wesen der Naturkräfte: Ansichten, die, durch bedeutsame Sprachformen gleichsam verkörpert und erstarrt, sich, wie ein Gemeingut der Phantasie, durch alle Klassen einer Nation verbreiten. Neben der wissenschaftlichen Physik bildet sich dann eine andere, ein System ungeprüfter

zum Teil gänzlich mißverstandener Erfahrungskenntnisse. Wenige Einzelheiten umfassend, ist diese Art der Empirik um so anmaßender, als sie keine der Thatsachen kennt, von denen sie erschüttert wird. Sie ist in sich abgeschlossen, unveränderlich in ihren Axiomen, anmaßend wie alles Beschränkte: während die wissenschaftliche Naturkunde, untersuchend und darum zweifelnd, das fest Ergründete von dem bloß Wahrscheinlichen trennt, und sich täglich durch Erweiterung und Berichtigung ihrer Ansichten vervollkommnet.

Eine solche rohe Anhäufung physischer Dogmen, welche ein Jahrhundert dem anderen überliefert und aufdringt, wird aber nicht bloß schädlich, weil sie einzelne Irrtümer nährt, weil sie hartnäckig wie das Zeugnis schlecht beobachteter Thatsachen ist; nein, sie hindert auch jede großartige Betrachtung des Weltbaus. Statt den mittleren Zustand zu erforschen, um welchen, bei der scheinbaren Ungebundenheit der Natur, alle Phänomene innerhalb enger Grenzen oszillieren, erkennt sie nur die Ausnahmen von den Gesetzen; sie sucht andere Wunder in den Erscheinungen und Formen als die der geregelten und fortschreitenden Entwickelung. Immer ist sie geneigt, die Kette der Naturbegebenheiten zerrissen zu wähnen, in der Gegenwart die Analogie mit der Vergangenheit zu verkennen; und spielend, bald in den fernen Himmelsräumen, bald im Inneren des Erdkörpers, die Ursache jener erdichteten Störungen der Weltordnung aufzufinden. Sie führt ab von den Ansichten der vergleichenden Erdkunde, die, wie Karl Ritters großes und geistreiches Werk bewiesen hat, nur dann Gründlichkeit erlangt, wenn die ganze Masse von Thatsachen, die unter verschiedenen Himmelsstrichen gesammelt worden sind, mit einem Blicke umfaßt, dem kombinierenden Verstande zu Gebote steht.

Es ist ein besonderer Zweck dieser Unterhaltungen über die Natur, einen Teil der Irrtümer, die aus roher und unvollständiger Empirie entsprungen sind und vorzugsweise in den höheren Volksklassen (oft neben einer ausgezeichneten litterarischen Bildung) fortleben, zu berichtigen und so den Genuß der Natur durch tiefere Einsicht in ihr inneres Wesen zu vermehren. Das Bedürfnis eines solchen veredelten Genusses wird allgemein gefühlt; denn ein eigener Charakter unseres Zeitalters spricht sich in dem Bestreben aller gebildeten Stände aus, das Leben durch einen größeren Reichtum von Ideen zu verschönern. Der ehrenvolle Anteil, welcher meinen

Vorträgen in zwei Hörsälen dieser Hauptstadt geschenkt wird, zeugt für die Lebendigkeit eines solchen Bestrebens.

Ich kann daher der Besorgnis nicht Raum geben, zu welcher Beschränkung oder eine gewisse sentimentale Trübheit des Gemütes zu leiten scheinen: der Besorgnis, daß, bei jedem Forschen in das innere Wesen der Kräfte, die Natur von ihrem Zauber, von dem Reize des Geheimnisvollen und Erhabenen verliere. Allerdings wirken Kräfte, im eigentlichen Sinne des Wortes, nur dann magisch, wie im Dunkel einer geheimnisvollen Macht, wenn ihr Wirken außerhalb des Gebietes allgemein erkannter Naturbedingungen liegt. Der Beobachter, der durch ein Heliometer oder einen prismatischen Doppelspat den Durchmesser der Planeten bestimmt, jahrelang die Meridianhöhe desselben Sternes mißt, zwischen dichtgedrängten Nebelflecken teleskopische Kometen erkennt; fühlt (und es ist ein Glück für den sicheren Erfolg dieser Arbeit) seine Phantasie nicht mehr angeregt als der beschreibende Botaniker, solange er die Kelcheinschnitte und die Staubfäden einer Blume zählt, und in der Struktur eines Laubmooses die einfachen oder doppelten, die freien oder ringförmig verwachsenen Zähne der Samenkapsel untersucht; aber das Messen und Auffinden numerischer Verhältnisse, die sorgfältigste Beobachtung des Einzelnen bereitet zu der höheren Kenntnis des Naturganzen und der Weltgesetze vor. Dem Physiker, welcher (wie Thomas Young, Arago und Fresnel) die ungleich langen Ströme der durch Interferenz sich vernichtenden oder verstärkenden Lichtwellen mißt; dem Astronomen, der mittels der raumdurchdringenden Kraft der Fernröhre nach den Monden des Uranus am äußersten Rande unseres Sonnensystems forscht, oder (wie Herschel, South und Struve) aufglimmende Lichtpunkte in farbige Doppelsterne zerlegt; dem eingeweihten Blick des Botanikers, welcher die charaartig kreisende Bewegung der Saftkügelchen in fast allen vegetabilischen Zellen, die Einheit der Gestaltung, das ist die Verkettung der Formen in Geschlechtern und natürlichen Familien, erkennt: gewähren die Himmelsräume, wie die blütenreiche Pflanzendecke der Erde, gewiß einen großartigeren Anblick als dem Beobachter, dessen Natursinn noch nicht durch die Einsicht in den Zusammenhang der Erscheinungen geschärft ist. Wir können daher dem geistreichen Burke nicht beipflichten, wenn er behauptet, daß „aus der Unwissenheit von den Dingen der Natur allein die Bewunderung und das Gefühl des Erhabenen entstehe".

Während die gemeine Sinnlichkeit die leuchtenden Gestirne an ein kristallenes Himmelsgewölbe heftet, erweitert der Astronom die räumliche Ferne; er begrenzt unsere Weltengruppe, nur um jenseits andere und andere ungezählte Gruppen (eine aufglimmende Inselflur) zu zeigen. Das Gefühl des Erhabenen, insofern es aus der einfachen Naturanschauung der Ausdehnung zu entspringen scheint, ist der feierlichen Stimmung des Gemütes verwandt, welche dem Ausdruck des Unendlichen und Freien in den Sphären ideeller Subjektivität, in dem Bereich des Geistigen angehört. Auf dieser Verwandtschaft, dieser Bezüglichkeit der sinnlichen Eindrücke beruht der Zauber des Unbegrenzten: sei es auf dem Ozean und im Luftmeere, wo dieses eine isolierte Bergspitze umgibt; sei es im Weltraume, in den die nebelauflösende Kraft großer Fernröhre unsere Einbildungskraft tief und ahnungsvoll versenkt.

Einseitige Behandlung der physikalischen Wissenschaften, endloses Anhäufen roher Materialien konnten freilich zu dem, nun fast verjährten Vorurteile beitragen, als müßte notwendig wissenschaftliche Erkenntnis das Gefühl erkälten, die schaffende Bildkraft der Phantasie ertöten und so den Naturgenuß stören. Wer in der bewegten Zeit, in der wir leben, noch dieses Vorurteil nährt, der verkennt, bei dem allgemeinen Fortschreiten menschlicher Bildung, die Freuden einer höheren Intelligenz: einer Geistesrichtung, welche Mannigfaltigkeit in Einheit auflöst und vorzugsweise bei dem Allgemeinen und Höheren verweilt. Um dies Höhere zu genießen, müssen in dem mühsam durchforschten Felde spezieller Naturformen und Naturerscheinungen die Einzelheiten zurückgedrängt und von dem selbst, der ihre Wichtigkeit erkannt hat und den sie zu größeren Ansichten geleitet, sorgfältig verhüllt werden.

Zu den Besorgnissen über den Verlust eines freien Naturgenusses unter dem Einfluß denkender Betrachtung oder wissenschaftlicher Erkenntnis gesellen sich auch die, welche aus dem, nicht allen erreichbaren Maße dieser Erkenntnis oder dem Umfange derselben geschöpft werden. In dem wundervollen Gewebe des Organismus, in dem ewigen Treiben und Wirken der lebendigen Kräfte führt allerdings jedes tiefere Forschen an den Eingang neuer Labyrinthe. Aber gerade diese Mannigfaltigkeit unbetretener, vielverschlungener Wege erregt auf allen Stufen des Wissens freudiges Erstaunen. Jedes Naturgesetz, das sich dem Beobachter offenbart, läßt auf ein höheres, noch unerkanntes schließen; denn die Natur ist, wie Carus

trefflich sagt, und wie das Wort selbst dem Römer und dem Griechen andeutete, „das ewig Wachsende, ewig im Bilden und Entfalten Begriffene". Der Kreis der organischen Typen erweitert sich, je mehr die Erdräume auf Land- und Seereisen durchsucht, die lebendigen Organismen mit den abgestorbenen verglichen, die Mikroskope vervollkommnet und verbreitet werden. In der Mannigfaltigkeit und im periodischen Wechsel der Lebensgebilde erneuert sich unablässig das Urgeheimnis aller Gestaltung, ich sollte sagen: das von Goethe so glücklich behandelte Problem der Metamorphose; eine Lösung, die dem Bedürfnis nach einem idealen Zurückführen der Formen auf gewisse Grundtypen entspricht. Mit wachsender Einsicht vermehrt sich das Gefühl von der Unermeßlichkeit des Naturlebens; man erkennt, daß auf der Feste, in der Lufthülle, welche die Feste umgibt, in den Tiefen des Ozeans, wie in den Tiefen des Himmels, dem kühnen wissenschaftlichen Eroberer, auch nach Jahrtausenden, nicht „der Weltraum fehlen wird".

Allgemeine Ansichten des Geschaffenen (sei es der Materie, zu fernen Himmelskörpern geballt; sei es der uns nahen tellurischen Erscheinungen) sind nicht allein anziehender und erhebender als die speziellen Studien, welche abgesonderte Teile des Naturwissens umfassen; sie empfehlen sich auch vorzugsweise denen, die wenig Muße auf Beschäftigungen dieser Art verwenden können. Die naturbeschreibenden Disziplinen sind meist nur für gewisse Lagen geeignet; sie gewähren nicht dieselbe Freude zu jeder Jahreszeit, in jedem Lande, das wir bewohnen. Der unmittelbaren Anschauung der Naturkörper, die sie erheischen, müssen wir in unserer nördlichen Zone oft lange entbehren; und ist unser Interesse auf eine bestimmte Klasse von Gegenständen beschränkt, so gewähren uns selbst die trefflichsten Berichte reisender Naturforscher keinen Genuß, wenn darin gerade solche Gegenstände unberührt bleiben, auf welche unsere Studien gerichtet sind.

Wie die Weltgeschichte, wo es ihr gelingt, den wahren ursachlichen Zusammenhang der Begebenheiten darzustellen, viele Rätsel in den Schicksalen der Völker und ihrem intellektuellen, bald gehemmten, bald beschleunigten Fortschreiten löst; so würde auch eine physische Weltbeschreibung, geistreich und mit gründlicher Kenntnis des bereits Entdeckten aufgefaßt, einen Teil der Widersprüche heben, welche die streitenden Naturkräfte in ihrer zusammengesetzten Wirkung

dem ersten Anschauen darbieten. Generelle Ansichten erhöhen den Begriff von der Würde und der Größe der Natur; sie wirken läuternd und beruhigend auf den Geist, weil sie gleichsam den Zwiespalt der Elemente durch Auffindung von Gesetzen zu schlichten streben: von Gesetzen, die in dem zarten Gewebe irdischer Stoffe, wie in dem Archipel dichtgedrängter Nebelflecke und in der schauderhaften Leere weltenarmer Wüsten walten. Generelle Ansichten gewöhnen uns, jeden Organismus als Teil des Ganzen zu betrachten: in der Pflanze und im Tier minder das Individuum oder die abgeschlossene Art als die mit der Gesamtheit der Bildungen verkettete Naturform zu erkennen; sie erweitern unsere geistige Existenz und seyen uns, auch wenn wir in ländlicher Abgeschiedenheit leben, in Berührung mit dem ganzen Erdkreise. Durch sie erhält die Kunde von dem, was durch Seefahrten nach dem fernen Pole oder auf den neuerlichst fast unter allen Breiten errichteten Stationen über das gleichzeitige Eintreten magnetischer Ungewitter erforscht wird, einen unwiderstehlichen Reiz; ja wir erlangen ein Mittel, schnell den Zusammenhang zu erraten, in dem die Resultate neuer Beobachtungen mit den früher erkannten Erscheinungen stehen.

Wer kann, um eines Gegenstandes im Weltraume zu erwähnen, der in den letztverflossenen Jahren die allgemeinste Aufmerksamkeit auf sich zog, ohne generelle Kenntnis von dem gewöhnlichen Kometenlaufe einsehen, wie folgenreich Enckes Entdeckung sei, nach der ein Komet, welcher in seiner elliptischen Bahn nie aus unserem Planetensysteme heraustritt, die Existenz eines feine Wurfkraft hemmenden Fluidums offenbart? Bei einer sich schnell verbreitenden Halbkultur, welche wissenschaftliche Resultate in das Gebiet der geselligen Unterhaltung, aber entstellt, hinüberzieht, nimmt die alte Besorgnis über ein gefahrdrohendes Zusammentreffen von Weltkörpern oder über kosmische Ursachen in der vermeinten Verschlechterung der Klimate eine veränderte und darum noch trügerischere Gestalt an. Klare Ansicht der Natur, wenn auch nur eine historische, bewahrt vor den Anmaßungen einer dogmatisierenden Phantasie. Sie lehrt, daß der Enckesche Komet, der schon in 1200 Tagen seinen Lauf vollendet, wegen der Gestalt und der Lage seiner Bahn, harmlos für die Erdbewohner, harmlos wie der große sechsundsiebzigjährige Halleysche Komet von 1759 und 1835 ist; daß ein anderer Komet von kurzer (sechsjähriger) Umlaufszeit, der Bielasche, allerdings die Erd-

bahn schneidet, doch nur dann uns nahe kommen kann, wenn seine Sonnennähe in die Zeit des Wintersolstitiums fällt.

Die Quantität Wärme, welche ein Weltkörper empfängt und deren Verteilung die großen meteorologischen Prozesse des Luftkreises bestimmt, wird zugleich durch die lichtentbindende Kraft der Sonne (die Beschaffenheit ihrer Oberfläche) und die relative Lage der Sonne und des Planeten modifiziert; aber die periodischen Veränderungen, welche, nach den allgemeinen Gesetzen der Gravitation, die Gestalt der Erdbahn und die Schiefe der Ekliptik (die Neigung der Erdachse gegen die Ebene der Erdbahn) erleiden, sind so langsam und in so enge Grenzen eingeschlossen, daß die Wirkungen kaum nach mehreren tausend Jahren unseren jetzigen wärmemessenden Instrumenten erkennbar sein würden. Kosmische Ursachen der Temperaturabnahme, der Wasserverminderung und der Epidemieen, deren in neueren Zeiten, wie einst im Mittelalter, Erwähnung geschieht, liegen daher ganz außerhalb des Bereichs unserer wirklichen Erfahrung.

Soll ich andere Beispiele der physischen Astronomie entlehnen, welche ohne generelle Kenntnis des bisher Beobachteten kein Interesse erregen können, so erwähne ich der elliptischen Bewegung mehrerer Tausende von ungleichfarbigen Doppelsternen umeinander oder vielmehr um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt; der periodischen Seltenheit der Sonnenflecken; des seit so vielen Jahren regelmäßigen Erscheinens zahlloser Sternschnuppen: die wahrscheinlich planetenartig kreisen und in ihren Bahnen am 12. oder 13. November, ja, wie man später erkannt hat, auch gegen das Fest des heiligen Laurentius, am 10. oder 11. August, unsere Erdbahn schneiden.

Auf ähnliche Weise werden nur generelle Ansichten des Kosmos den Zusammenhang ahnen lassen zwischen der durch Bessels Scharfblick vollendeten Theorie der Pendelschwingung im luftvollen Raume und der inneren Dichtigkeit, ich konnte sagen der Erstarrungsstufe, unseres Planeten; zwischen der Erzeugung körniger Gebirgsarten in bandartigen Lavaströmen, am Abhange noch jetzt thätiger Vulkane, und den endogenen granit-, porphyr- und serpentinsteinartigen Massen, welche, aus dem Inneren der Erde hervorgeschoben, einst die Flözgebirge durchbrochen und mannigfaltig (erhärtend, verkieselnd, dolomitisierend, kristallerzeugend) auf sie eingewirkt haben; zwischen der Hebung von Inseln und Kegelbergen durch elastische Kräfte und der Hebung ganzer Bergketten und Kontinente: ein Zusammenhang, der von dem größten Geognosten

unserer Zeit, Leopold von Buch, erkannt und durch eine Reihe geistreicher Beobachtungen dargethan worden ist. Solches Emportreiben von körnigen Gebirgsmassen und Flözschichten (wie noch neuerlichst, am Meeresufer von Chile, bei einem Erdbeben, in weiter Erstreckung) läßt die Möglichkeit einsehen, daß Petrefakte von Seemuscheln, welche ich mit Bonpland in 14 000 Fuß (4547 m) Höhe, auf dem Rücken der Andeskette gesammelt, nicht durch eine allgemeine Wasserbedeckung, sondern durch vulkanische Hebungskräfte in diese Lage gekommen sind.

Vulkanismus nenne ich aber im allgemeinsten Sinne des Wortes, sei es auf der Erde oder auf ihrem Trabanten, dem Monde, die Reaktion, welche das Innere eines Planeten auf seine Rinde ausübt. Wer die Versuche über die mit der Tiefe zunehmende Wärme nicht kennt (Versuche, nach welchen berühmte Physiker vermuten,* daß fünf geographische Meilen [37 km] unter der Oberfläche eine granitschmelzende Glühhitze herrsche): dem müssen viele neuere Beobachtungen über die Gleichzeitigkeit vulkanischer Ausbrüche, die eine große Länderstrecke trennt, über die Grenzen der Erschütterungskreise bei Erdbeben, über die Beständigkeit der Temperatur heißer Mineralquellen, wie über die Temperaturverschiedenheit artesischer Brunnen von gleicher Tiefe, unverständlich bleiben. Und doch wirft diese Kenntnis der inneren Erdwärme ein dämmerndes Licht auf die Urgeschichte unseres Planeten. Sie zeigt die Möglichkeit einstmaliger allverbreiteter tropischer Klimate, als Folge offener, Wärme ausströmender Klüfte in der neu erhärteten oxydierten Erdrinde. Sie erinnert an einen Zustand, in dem die Wärme des Luftkreises mehr von diesen Ausströmungen, von der Reaktion des Inneren gegen das Aeußere, als von der Stellung des Planeten gegen einen Centralkörper (die Sonne) bedingt ward.

Mannigfaltige Produkte in der Tropenwelt, in ihren Grabstätten verborgen, offenbart die kalte Zone dem forschenden Geognosten: Koniferen, aufgerichtete Stämme von Palmenholz, baumartige Farnkräuter, Goniatiten und Fische mit rhomboidalen Schmelzschuppen in dem alten Kohlengebirge;* kolossale Gerippe von Krokodilen; langhalsigen Plesiosauren, Schalen von Planuliten und Cykadeenstämme im Jurakalkstein; Polythalamien und Bryozoen in der Kreide, zum Teil identisch mit noch lebenden Seetieren; Agglomerate fossiler Infusionstiere, wie sie Ehrenbergs allbelebendes Mikroskop entdeckt, in mächtigen Schichten von Polierschiefer, Halbopal

und Kieselgur; Knochen von Hyänen, Löwen und elefantenartigen Pachydermen in Höhlen zerstreut oder von dem neuesten Schuttlande bedeckt. Bei vollständiger Kenntnis anderer Naturerscheinungen bleiben diese Produkte nicht ein Gegenstand der Neugierde und des Erstaunens: sie werden, was unserer Intelligenz würdiger ist, eine Quelle vielseitigen Nachdenkens.

In der Mannigfaltigkeit der Gegenstände, die ich hier geflissentlich zusammengedrängt habe, bietet sich von selbst die Frage dar: ob generelle Ansichten der Natur zu einer gewissen Deutlichkeit gebracht werden können ohne ein tiefes und ernstes Studium einzelner Disziplinen, sei es der beschreibenden Naturkunde oder der Physik oder der mathematischen Astronomie? Man unterscheide sorgfältig zwischen dem Lehrenden, welcher die Auswahl und die Darstellung der Resultate übernimmt; und dem, der das Dargestellte, als ein Gegebenes, nicht selbst Gesuchtes, empfängt. Für jenen ist die genaueste Kenntnis des Speziellen unbedingt notwendig; er sollte lange das Gebiet der einzelnen Wissenschaften durchwandert sein, selbst gemessen, beobachtet und experimentiert haben, um sich mit Zuversicht an das Bild eines Naturganzen zu wagen. Der Umfang von Problemen, deren Untersuchung der physischen Weltbeschreibung ein so hohes Interesse gewährt, ist vielleicht nicht ganz zu vollständiger Klarheit zu bringen da, wo spezielle Verkenntnisse fehlen; aber auch ohne Voraussetzung dieser können die meisten Fragen befriedigt erörtert werden. Sollte sich nicht in allen einzelnen Teilen das große Naturgemälde mit scharfen Umrissen darstellen lassen, so wird es doch wahr und anziehend genug sein, um den Geist mit Ideen zu bereichern und die Einbildungskraft lebendig und fruchtbar anzuregen.

Man hat vielleicht mit einigem Rechte wissenschaftlichen Werken unserer Litteratur vorgeworfen, das Allgemeine nicht genugsam von dem Einzelnen, die Uebersicht des bereits Ergründeten nicht von der Herzählung der Mittel zu trennen, durch welche die Resultate erlangt worden sind. Dieser Vorwurf hat sogar den größten Dichter unserer Zeit zu dem humoristischen Ausruf verleitet: „Die Deutschen besitzen die Gabe, die Wissenschaften unzugänglich zu machen.“ Bleibt das Gerüste stehen, so wird uns durch dasselbe der Anblick des Gebäudes entzogen. Wer kann zweifeln, daß das physische Gesetz in der Verteilung der Kontinentalmassen, welche gegen Süden hin eine pyramidale Form annehmen, indem sie sich

gegen Norden in der Breite ausdehnen (ein Gesetz, welches die Verteilung der Klimate, die vorherrschende Richtung der Luftströme, das weite Vordringen tropischer Pflanzenformen in die gemäßigte südliche Zone so wesentlich bedingt), auf das klarste erkannt werden kann, ohne die geodätischen Messungen und die astronomischen Ortsbestimmungen der Küsten zu erläutern, durch welche jene Pyramidalformen in ihren Dimensionen bestimmt worden sind? Ebenso lehrt uns die physische Weltbeschreibung, um wie viel Meilen die Aequatorialachse unseres Planeten größer als die Polarachse ist; daß die südliche Hemisphäre keine größere Abplattung als die nördliche hat: ohne daß es nötig ist, speziell zu erzählen, wie durch Gradmessungen und Pendelversuche die wahre Gestalt der Erde, als eines nicht regelmäßigen, elliptischen Revolutionssphäroids, gefunden ist; und wie diese Gestalt in der Bewegung des Mondes, eines Erdsatelliten, sich abspiegelt.

Unsere Nachbaren jenseits des Rheins besitzen ein unsterbliches Werk, Laplaces Entwickelung des Weltsystems, in welchem die Resultate der tiefsinnigsten mathematisch-astronomischen Untersuchungen verflossener Jahrhunderte, abgesondert von den Einzelheiten der Beweise, vorgetragen werden. Der Bau des Himmels erscheint darin als die einfache Lösung eines großen Problems der Mechanik. Und wohl noch nie ist die Exposition du Système du Monde, ihrer Form wegen, der Ungründlichkeit beschuldigt worden. Die Trennung ungleichartiger Ansichten, des Allgemeinen von dem Besonderen, ist nicht bloß zur Klarheit der Erkenntnis nützlich: sie gibt auch der Behandlung der Naturwissenschaft einen erhabenen und ernsten Charakter. Wie von einem höheren Standpunkte übersieht man auf einmal größere Massen. Wir ergötzen uns, geistig zu fassen, was den sinnlichen Kräften zu entgehen droht. Wenn die glückliche Ausbildung aller Zweige des Naturwissens, der sich die letzten Dezennien des verflossenen Jahrhunderts erfreuten, besonders dazu geeignet ist, das Studium spezieller Teile (der chemischen, physikalischen und naturbeschreibenden Disziplinen) zu erweitern, so wird durch jene Ausbildung in noch höherem Grade der Vortrag allgemeiner Resultate abgekürzt und erleichtert.

Je tiefer man eindringt in das Wesen der Naturkräfte, desto mehr erkennt man den Zusammenhang von Phänomenen, die lange, vereinzelt und oberflächlich betrachtet, jeglicher Anreihung zu widerstreben schienen; desto mehr werden Einfach-

heit und Gedrängtheit der Darstellung möglich. Es ist ein sicheres Kriterium der Menge und des Wertes der Entdeckungen, die in einer Wissenschaft zu erwarten sind, wenn die Thatsachen noch unverkettet, fast ohne Beziehung aufeinander dastehen; ja wenn mehrere derselben, und zwar mit gleicher Sorgfalt beobachtete, sich zu widersprechen scheinen. Diese Art der Erwartungen erregt der Zustand der Meteorologie, der neueren Optik und besonders, seit Mellonis und Faradays herrlichen Arbeiten, der Lehre von der Wärmestrahlung und vom Elektromagnetismus. Der Kreis glänzender Entdeckungen ist hier noch nicht durchlaufen, ob sich gleich in der Voltaischen Säule schon ein bewundernswürdiger Zusammenhang der elektrischen, magnetischen und chemischen Erscheinungen offenbart hat. Wer verbürgt uns, daß auch nur die Zahl der lebendigen, im Weltall wirkenden Kräfte bereits ergründet sei?

In meinen Betrachtungen über die wissenschaftliche Behandlung einer allgemeinen Weltbeschreibung ist nicht die Rede von Einheit durch Ableitung aus wenigen, von der Vernunft gegebenen Grundprinzipien. Was ich physische Weltbeschreibung nenne (die vergleichende Erd- und Himmelskunde), macht daher keine Ansprüche auf den Rang einer rationellen Wissenschaft der Natur; es ist die denkende Betrachtung der durch Empirie gegebenen Erscheinungen, als eines Naturganzen. In dieser Beschränktheit allein konnte dieselbe, bei der ganz objektiven Richtung meiner Sinnesart, in den Bereich der Bestrebungen treten, welche meine lange wissenschaftliche Laufbahn ausschließlich erfüllt haben. Ich wage mich nicht auf ein Feld, das mir fremd ist und vielleicht von anderen erfolgreicher bebaut wird. Die Einheit, welche der Vortrag einer physischen Weltbeschreibung, wie ich mir dieselbe begrenze, erreichen kann, ist nur die, welcher sich geschichtliche Darstellungen zu erfreuen haben. Einzelheiten der Wirklichkeit: sei es in der Gestaltung oder Aneinanderreihung der Naturgebilde, sei es in dem Kampfe des Menschen gegen die Naturmächte, oder der Völker gegen die Völker; alles, was dem Felde der Veränderlichkeit und realer Zufälligkeit angehört: können nicht aus Begriffen abgeleitet (konstruiert) werden. Weltbeschreibung und Weltgeschichte stehen daher auf derselben Stufe der Empirie; aber eine denkende Behandlung beider, eine sinnvolle Anordnung von Naturerscheinungen und von historischen Begebenheiten durchdringen tief mit dem Glauben an eine alte innere Notwendigkeit, die alles Treiben geistiger und materieller

Kräfte, in sich ewig erneuernden, nur periodisch erweiterten oder verengten Kreisen, beherrscht. Sie führen (und diese Notwendigkeit ist das Wesen der Natur, sie ist die Natur selbst in beiden Sphären ihres Seins, der materiellen und der geistigen) zur Klarheit und Einfachheit der Ansichten, zu Auffindung von Gesetzen, die in der Erfahrungswissenschaft als das letzte Ziel menschlicher Forschung erscheinen.

Das Studium jeglicher neuen Wissenschaft, besonders einer solchen, welche die ungemessenen Schöpfungskreise, den ganzen Weltraum umfaßt, gleicht einer Reise in ferne Länder. Ehe man sie in Gemeinschaft unternimmt, fragt man, ob sie ausführbar sei; man mißt seine eigenen Kräfte, man blickt mißtrauisch auf die Kräfte der Mitreisenden: in der vielleicht ungerechten Besorgnis, sie möchten lästige Zögerung erregen. Die Zeit, in der wir leben, vermindert die Schwierigkeit des Unternehmens. Meine Zuversicht gründet sich auf den glänzenden Zustand der Naturwissenschaften selbst, deren Reichtum nicht mehr die Fülle, sondern die Verkettung des Beobachteten ist. Die allgemeinen Resultate, die jedem gebildeten Verstande Interesse einflößen, haben sich seit dem Ende des 18. Jahrhunderts wundervoll vermehrt. Die Thatsachen stehen minder vereinzelt da; die Klüfte zwischen den Wesen werden ausgefüllt. Was in einem engeren Gesichtskreise, in unserer Nähe, dem forschenden Geiste lange unerklärlich blieb, wird oft durch Beobachtungen aufgehellt, die auf einer Wanderung in die entlegensten Regionen aufgestellt worden sind. Pflanzen- und Tiergebilde, die lange isoliert erschienen, reihen sich durch neu entdeckte Mittelglieder oder durch Uebergangsformen aneinander. Eine allgemeine Verkettung, nicht in einfacher linearer Richtung, sondern in netzartig verschlungenem Gewebe, nach höherer Ausbildung oder Verkümmerung gewisser Organe, nach vielseitigem Schwanken in der relativen Uebermacht der Teile, stellt sich allmählich dem forschenden Natursinn dar.[10] Schichtungsverhältnisse von trachytartigem Syenitporphyr, von Grünstein und Serpentin, welche im gold- und silberreichen Ungarn, oder im Platinlande des Urals, oder tiefer in Asien, im südwestlichen Altai, zweifelhaft blieben, werden durch geognostische Beobachtungen in den Hochebenen von Mexiko und Antioquia, in den Flußthälern des Choco unerwartet aufgeklärt. Die Materialien, welche die allgemeine Erdkunde anwendet, sind nicht zufällig aufgehäuft. Unser Zeitalter erkennt, nach der Tendenz, die ihm seinen individuellen

Charakter gibt, daß Thatsachen nur dann fruchtbringend werden, wenn der Reisende den dermaligen Zustand und die Bedürfnisse der Wissenschaft kennt, deren Gebiet er erweitern will; wenn Ideen, d. h. Einsicht in den Geist der Natur, das Beobachten und Sammeln vernunftmäßig leiten.

Durch diese Richtung des Naturstudiums, durch diesen glücklichen, aber oft auch allzu leicht befriedigten Hang zu allgemeinen Resultaten kann ein beträchtlicher Teil des Naturwissens das Gemeingut der gebildeten Menschheit werden, ein gründliches Wissen erzeugen: nach Inhalt und Form, nach Ernst und Würde des Vortrags ganz von dem verschieden, das man bis zum Ende des letzten Jahrhunderts dem populären Wissen genügsam zu bestimmen pflegte. Wem daher seine Lage es erlaubt, sich bisweilen aus den engen Schranken des bürgerlichen Lebens heraus zu retten, errötend, „daß er lange fremd geblieben der Natur und stumpf über sie hingehe", der wird in der Abspiegelung des großen und freien Naturlebens einen der edelsten Genüsse finden, welche erhöhte Vernunftthätigkeit dem Menschen gewähren kann. Das Studium der allgemeinen Naturkunde weckt gleichsam Organe in uns, die lange geschlummert haben. Wir treten in einen innigeren Verkehr mit der Außenwelt; bleiben nicht unteilnehmend an dem, was gleichzeitig das industrielle Fortschreiten und die intellektuelle Veredlung der Menschheit bezeichnet.

Je klarer die Einsicht ist, welche wir in den Zusammenhang der Phänomene erlangen, desto leichter machen wir uns auch von dem Irrtume frei, als wären für die Kultur und den Wohlstand der Völker nicht alle Zweige des Naturwissens gleich wichtig: sei es der messende und beschreibende Teil, oder die Untersuchung chemischer Bestandteile, oder die Ergründung allgemein verbreiteter physischer Kräfte der Materie. In der Beobachtung einer anfangs isoliert stehenden Erscheinung liegt oft der Keim einer großen Entdeckung. Als Galvani die sensible Nervenfaser durch Berührung ungleichartiger Metalle reizte, konnten seine nächsten Zeitgenossen nicht hoffen, daß die Kontaktelektrizität der Voltaischen Säule uns in den Alkalien silberglänzende, auf dem Wasser schwimmende, leicht entzündliche Metalle offenbaren, daß die Säule selbst das wichtigste Instrument für die zerlegende Chemie, ein Thermoskop und ein Magnet werden würde. Als Huyghens die Lichterscheinungen des Doppelspats zu enträtseln anfing, ahnete man nicht, daß durch den bewunderungswürdigen Scharfsinn

eines Physikers unserer Zeit farbige Polarisationsphänomene dahin leiten würden, mittels des kleinsten Fragments eines Minerals zu erkennen, ob das Licht der Sonne aus einer festen Masse oder aus einer gasförmigen Umhüllung ausströme, ob Kometen selbstleuchtend sind oder fremdes Licht wiedergeben.

Gleichmäßige Würdigung aller Teile des Naturstudiums ist aber vorzüglich ein Bedürfnis der gegenwärtigen Zeit, wo der materielle Reichtum und der wachsende Wohlstand der Nationen in einer sorgfältigeren Benutzung von Naturprodukten und Naturkräften gegründet sind. Der oberflächlichste Blick auf den Zustand des heutigen Europas lehrt, daß bei ungleichem Wettkampfe oder dauernder Zögerung notwendig partielle Verminderung und endlich Vernichtung des Nationalreichtums eintreten müsse; denn in dem Lebensgeschick der Staaten ist es wie in der Natur: für die nach dem sinnvollen Ausspruche Goethes, „es im Bewegen und Werden kein Bleiben gibt und die ihren Fluch gehängt hat an das Stillestehen.“[11] Nur ernste Belebung chemischer, mathematischer und naturhistorischer Studien wird einem von dieser Seite einbrechenden Uebel entgegengetreten. Der Mensch kann auf die Natur nicht einwirken, sich keine ihrer Kräfte aneignen, wenn er nicht die Naturgesetze nach Maß- und Zahlverhältnissen kennt. Auch hier liegt die Macht in der volkstümlichen Intelligenz. Sie steigt und sinkt mit dieser. Wissen und Erkennen sind die Freude und die Berechtigung der Menschheit; sie sind Teile des Nationalreichtums, oft ein Ersatz für die Güter, welche die Natur in allzu kärglichem Maße ausgeteilt hat. Diejenigen Völker, welche an der allgemeinen industriellen Thätigkeit, in Anwendung der Mechanik und technischen Chemie, in sorgfältiger Auswahl und Bearbeitung natürlicher Stoffe zurückstehen; bei denen die Achtung einer solchen Thätigkeit nicht alle Klassen durchdringt, werden unausbleiblich von ihrem Wohlstande herabsinken. Sie werden es um so mehr, wenn benachbarte Staaten, in denen Wissenschaft und industrielle Künste in regem Wechselverkehr miteinander stehen, wie in erneuerter Jugendkraft vorwärts schreiten.

Die Vorliebe für Belebung des Gewerbfleißes und für die Teile des Naturwissens, welche unmittelbar darauf einwirken (ein charakteristisches Merkmal unseres Zeitalters), kann weder den Forschungen im Gebiete der Philosophie, der Altertumskunde und der Geschichte nachteilig werden, noch den allbelebenden Hauch der Phantasie den edlen Werken bildender

Künste entziehen. Wo, unter dem Schutze weiser Gesetze und freier Institutionen, alle Blüten der Kultur sich kräftig entfalten, da wird im friedlichen Wettkampfe kein Bestreben des Geistes dem anderen verderblich. Jedes bietet dem Staate eigene, verschiedenartige Früchte dar: die nährenden, welche dem Menschen Unterhalt und Wohlstand gewähren; und die Früchte schaffender Einbildungskraft, welche, dauerhafter als dieser Wohlstand selbst, die rühmliche Kunde der Völker auf die späteste Nachwelt tragen. Die Spartiaten beteten, trotz der Strenge dorischer Sinnesart: „die Götter möchten ihnen das Schöne zu dem Guten verleihen".

Wie in jenen höheren Kreisen der Ideen und Gefühle: in dem Studium der Geschichte, der Philosophie und der Wohlredenheit, so ist auch in allen Teilen des Naturwissens der erste und erhabenste Zweck geistiger Thätigkeit ein innerer: nämlich das Auffinden von Naturgesetzen, die Ergründung ordnungsmäßiger Gliederung in den Gebilden, die Einsicht in den notwendigen Zusammenhang aller Veränderungen im Weltall. Was von diesem Wissen in das industrielle Leben der Völker überströmt und den Gewerbfleiß erhöht, entspringt aus der glücklichen Verkettung menschlicher Dinge, nach der das Wahre, Erhabene und Schöne mit dem Nützlichen, wie absichtslos, in ewige Wechselwirkung treten. Vervollkommnung des Landbaus durch freie Hände und in Grundstücken von minderem Umfang, Aufblühen der Manufakturen, von einengendem Zunftzwange befreit, Vervielfältigung der Handelsverhältnisse und ungehindertes Fortschreiten in der geistigen Kultur der Menschheit wie in den bürgerlichen Einrichtungen stehen (das ernste Bild der neuen Weltgeschichte dringt diesen Glauben auch dem Widerstrebendsten auf) in gegenseitigem, dauernd wirksamen Verkehr miteinander.

Ein solcher Einfluß des Naturwissens auf die Wohlfahrt der Nationen und auf den heutigen Zustand von Europa bedurfte hier nur einer flüchtigen Andeutung. Die Laufbahn, welche wir zu vollenden haben, ist so unermeßlich, daß es mir nicht geziemen würde, von dem Hauptziele unseres Bestrebens, der Ansicht des Naturganzen, abschweifend, das Feld geflissentlich zu erweitern. An ferne Wanderungen gewöhnt, habe ich ohnedies vielleicht den Mitreisenden den Weg gebahnter und anmutiger geschildert, als man ihn finden wird. Das ist die Sitte derer, die gern andere auf den Gipfel der Berge führen. Sie rühmen die Aussicht, wenn auch ganze

Teile der Gegend in Nebel verhüllt bleiben. Sie wissen, daß auch in dieser Verhüllung ein geheimnisvoller Zauber liegt, daß eine duftige Ferne den Eindruck des Sinnlich-Unendlichen hervorruft: ein Bild, das (wie ich schon oben erinnert habe) im Geist und in den Gefühlen sich ernst und ahnungsvoll spiegelt. Auch von dem hohen Standpunkte aus, auf den wir uns zu einer allgemeinen, durch wissenschaftliche Erfahrungen begründeten Weltanschauung erheben, kann nicht allen Anforderungen genügt werden. In dem Naturwissen, dessen gegenwärtigen Zustand ich hier entwickeln soll, liegt noch manches unbegrenzt; vieles (wie sollte ich es, bei dem Umfange einer solchen Arbeit, nicht gern eingestehen!) wird nur darum unklar und unvollständig erscheinen, weil Befangenheit dem Redenden dann doppelt nachteilig wird, wenn er sich des Gegenstandes in seiner Einzelheit minder mächtig fühlt.

Der Zweck dieses einleitenden Vortrages war nicht sowohl, die Wichtigkeit des Naturwissens zu schildern, welche allgemein anerkannt ist und längst schon jedes Lobes entbehren kann; es lag mir vielmehr ob zu entwickeln, wie, ohne dem gründlichen Studium spezieller Disziplinen zu schaden, den naturwissenschaftlichen Bestrebungen ein höherer Standpunkt angewiesen werden kann, von dem aus alle Gebilde und Kräfte sich als ein durch innere Regung belebtes Naturganzes offenbaren. Nicht ein totes Aggregat ist die Natur: sie ist „dem begeisterten Forscher (wie Schelling in der trefflichen Rede über die bildenden Künste sich ausdrückt) die heilige, ewig schaffende Urkraft der Welt, die alle Dinge aus sich selbst erzeugt und werkthätig hervorbringt". Der bisher so unbestimmt aufgefaßte Begriff einer physischen Erdbeschreibung geht durch erweiterte Betrachtung und das Umfassen alles Geschaffenen im Erd- und Himmelsraume in den Begriff einer physischen Weltbeschreibung über. Eine dieser Benennungen ist nach der anderen gebildet. Es ist aber die Weltbeschreibung oder Lehre vom Kosmos, wie ich sie auffasse, nicht etwa ein encyklopädischer Inbegriff der allgemeinsten und wichtigsten Resultate, die man einzelnen naturhistorischen, physikalischen und astronomischen Schriften entlehnt. Solche Resultate werden in der Weltbeschreibung nur als Materialien und insofern teilweise benutzt, als sie das Zusammenwirken der Kräfte im Weltall, das gegenseitige Sichhervorrufen und Beschränken der Naturgebilde erläutern. Die räumliche und klimatische Verbreitung organischer Typen (Geographie der Pflanzen

und Tiere) ist so verschieden von der beschreibenden Botanik und Zoologie, als die geognostische Kenntnis des Erdkörpers verschieden ist von der Oryktognosie. Eine physische Weltbeschreibung darf daher nicht mit der sogenannten Encyklopädie der Naturwissenschaften (ein weitschichtiger Name für eine schlecht umgrenzte Disziplin) verwechselt werden. In der Lehre vom Kosmos wird das Einzelne nur in seinem Verhältnis zum Ganzen, als Teil der Welterscheinungen betrachtet; und je erhabener der hier bezeichnete Standpunkt ist, desto mehr wird diese Lehre einer eigentümlichen Behandlung und eines belebenden Vortrags fähig.

Gedanken und Sprache stehen aber in innigem alten Wechselverkehr miteinander. Wenn diese der Darstellung Anmut und Klarheit verleiht, wenn durch ihre angestammte Bildsamkeit und ihren organischen Bau sie das Unternehmen begünstigt, die Totalität der Naturanschauung scharf zu begrenzen, so ergießt sie zugleich, und fast unbemerkt, ihren belebenden Hauch auf die Gedankenfülle selbst. Darum ist das Wort mehr als Zeichen und Form, und sein geheimnisvoller Einfluß offenbart sich am mächtigsten da, wo er dem freien Volkssinn und dem eigenen Boden entsprießt. Stolz auf das Vaterland, dessen intellektuelle Einheit die feste Stütze jeder Kraftäußerung ist, wenden wir froh den Blick auf diese Vorzüge der Heimat. Hochbeglückt dürfen wir den nennen, der bei der lebendigen Darstellung der Phänomene des Weltalls aus den Tiefen einer Sprache schöpfen kann, welche seit Jahrhunderten so mächtig auf alles eingewirkt hat, was durch Erhöhung und ungebundene Anwendung geistiger Kräfte, in dem Gebiete schöpferischer Phantasie, wie in dem der ergründenden Vernunft, die Schicksale der Menschheit bewegt.

Anmerkungen.

[1] (S. 8.) Diese Vergleichungen sind nur Annäherungen. Die genaueren Elemente (Höhen über der Meeresfläche) folgen hier: Schnee- oder Riesenkoppe in Schlesien 1606 m; Rigi 1799 m; Athos 1935 m; Pilatus 2133 m (Esel, Tomlishorn um 10 m höher); Aetna 3304 m; Schreckhorn 4089 m; Jungfrau 4167 m; Montblanc 4810 m; Chimborazo 6310 m; Dhawalagiri oder Dhaolagiri, d. h. weißer Berg, nach den Sanskritwörtern dhawala weiß, und giri, Berg, 8176 m. Da zwischen den Bestimmungen von Blake und Webb 136,5 m Unterschied sind, so ist hier zu bemerken, daß die Höhenbestimmung des Dhawalagiri nicht auf dieselbe Genauigkeit Anspruch machen kann, als die Höhebestimmung des Jawahir und Dschawâhir (7848 m), die sich auf eine vollständige trigonometrische Messung gründet. Noch unbegründeter ist die Vermutung, daß in der Tartaric Chain (im Norden von Tibet, gegen die Gebirgskette Kuenlün hin) einige Schneegipfel die Höhe von 9140 m (fast die doppelte Höhe des Montblanc), oder wenigstens 8840 m erreichen sollten. [Nach unserer jetzigen Kenntnis erheben sich die Gipfel des Kuenlün bis zu 6800 m. — D. Herausg.] Der Chimborazo ist im Texte nur „einer der höchsten Gipfel der Andeskette" genannt, da im Jahre 1827 der kenntnisreiche und talentvolle Reisende, Herr Pentland, auf seiner denkwürdigen Expedition nach dem oberen Peru (Bolivia), zwei Berge östlich vom See von Titicaca, den Sorata oder Illampu (7563 m) und Illimani (7314 m) gemessen hat, welche die Höhe des Chimborazo weit übersteigen und der Höhe des Dschawâhir ziemlich nahe kommen. Der Montblanc ist demnach 1500 m niedriger als der Chimborazo, der Chimborazo 1253 m niedriger als der Sorata, der Sorata 275 m niedriger als der Dschawâhir, aber wahrscheinlich 613 m niedriger als der Dhawalagiri.

[2] (S. 8.) Der Dhawalagiri galt seit 1818 in der That als der höchste Gipfel des Himalaya, bis seit 1818 die noch höheren Erhebungen des Gaurisankar oder Mont Everest mit 8840 m und des Kandschandschinga oder Kintschinjinga mit 8581 m im Himalaya, der Dapsang mit 8619 m im Karakorumgebirge festgestellt wurden. [D. Herausg.]

[3] (S. 8.) Der Mangel von Palmen und baumartigen Farnen in den temperierten Vorgebirgen des Himalaya zeigt sich in Dons

Flora Nepalensis (1825), wie in dem lithographierten, so merkwürdigen Catalogus von Wallichs Flora Indica: einem Verzeichnis, welches die ungeheuere Zahl von 9683, freilich noch nicht hinlänglich untersuchten und gesonderten, aber fast allein phanerogamischen Himalaya-Spezies enthält. Von Nepaul (Br. 26°½ bis 27°½) kennen wir bisher nur eine Palmenart, Chamaerops Martiana Wall. auf einer Höhe von 1624 m über dem Meere, in dem schattigen Thale Buniya. Der prachtvolle baumartige Farn Alsophila Brunoniana Wall., von dem das britische Museum einen 15 m langen Stamm seit 1831 besitzt, ist nicht aus Nepaul, sondern aus den Bergen von Silhet: nordöstlich von Calcutta, in Br. 24°50'. Der Nepaulsche Farn Paranema cyathoides Don, einst Sphaeropteris barbata Wall. ist zwar der Cyathea, von der ich in den südamerikanischen Missionen von Caripe eine 10 m hohe Spezies gesehen habe, nahe verwandt, aber kein eigentlicher Baum.

[4] (S. 8.) Ribes nubicola, R. glaciale, R. grossularia. Den Charakter der Himalaya-Vegetation bezeichnen acht Pinusarten, trotz eines Ausspruchs der Alten über „das östliche Asien" 25 Eichen, 4 Birken, 2 Aesculus (der, 32 m hohe, wilde Kastanienbaum von Kaschmir wird bis 3,5" nördl. Breite von einem großen weißen Affen, mit schwarzem Gesichte, bewohnt: 7 Ahorn, 12 Weiden, 14 Rosen, 3 Erdbeerarten, 7 Alpenrosen (Rhododendra), deren eine 6½ m hoch, und viele andere nordische Gestalten. Unter den Koniferen ist Pinus Deodwara oder Deodara (eigentlich im Sanskrit dêwa-dâru, Götter-Bauholz) dem Pinus cedrus nahe verwandt. Nahe am ewigen Schnee prangen mit großen Blüten Gentiana venusta, G. Moorcroftiana, Swertia purpurascens, S. speciosa. Parnassia armata, P. nubicola, Paeonia Emodi, Tulipa stellata: ja selbst neben den dem indischen Hochgebirge eigentümlichen Arten europäischer Pflanzengattungen finden sich auch echt europäische Spezies: wie Leontodon taraxacum, Prunella vulgaris, Gallium Aparine, Thlaspi arvense. Das Heidekraut, dessen schon Saunders in Turners Reise erwähnt und das man sogar mit Calluna vulgaris verwechselt hat, ist eine Andromeda: eine Faktum, das für die Geographie der asiatischen Pflanzen von großer Wichtigkeit ist. Wenn ich mich in dieser Note des unphilosophischen Ausdrucks: europäische Formen oder europäische Arten, wildwachsend in Asien, bediene; so geschieht es als Folge des alten botanischen Sprachgebrauchs, welcher der Idee der räumlichen Verbreitung oder vielmehr der Koexistenz des Organischen die geschichtliche Hypothese einer Einwanderung sehr dogmatisch unterschiebt, ja aus Vorliebe für europäische Kultur die Wanderung von Westen nach Osten voraussetzt.

[5] (S. 9.) Schneegrenze an dem südlichen Abfall der Himalayakette 3957 m über der Meeresfläche; am nördlichen Abfall, oder vielmehr in den Gipfeln, die sich auf dem tibetanischen (tatarischen) Plateau erheben, 5967,5 m in 30°½—32° Breite: wenn unter

dem Aequator in der Andestette von Quito die Schneegrenze 4814 m hoch liegt. Dies ist das Resultat, welches ich aus der Zusammenstellung vieler Angaben von Webb, Gerard, Herbert und Moorcroft gezogen. [Neuere Forschungen ergeben ganz andere Zahlen: 4940 m für den Südabhang, 5300 m für den Nordabhang des Himalaya. Am Chimborazo ward die Schneegrenze in 4850 m Höhe ermittelt. – D. Herausg.] Die größere Höhe, zu der sich am tibetanischen Abfall die ewige Schneegrenze zurückzieht, ist eine gleichzeitige Folge der Wärmestrahlung der nahen Hochebene, der Heiterkeit des Himmels, der Seltenheit der Schneebildung in sehr kalter und trockener Luft. Das Resultat der Schneehöhe auf beiden Abfällen des Himalaya, welches ich als wahrscheinlichere angegeben, hatte für sich Colebrookes große Autorität. „Auch ich finde," schrieb er mir im Junius 1824, „die Höhe des ewigen Schnees nach den Materialien, die ich besitze, an dem südlichen Abfall unter dem Parallelkreis von 31° zu 4114 m. Webbs Messungen würden mir 3962 m, also 152 m mehr als Kapitän Hodgsons Beobachtungen, geben. Gerards Messungen bestätigen vollkommen Ihre Angabe, daß die Schneelinie nördlich höher als südlich liegt." Erst in diesem Jahre (1840) haben wir endlich durch Herrn Lloyd den Abdruck des gesammelten Tagebuches beider Brüder Gerard erhalten; aber leider verwechseln die Reisenden immer die Höhe, in der sporadisch Schnee fällt, mit dem Maximum der Höhe, zu welcher die Schneelinie über der tibetanischen Hochebene sich erhebt. Kapitän Gerard unterscheidet die Gipfel in der Mitte der Hochebene, deren ewige Schneegrenze er zu 5486—5790 m bestimmt, und die nördlichen Abfälle der Himalayakette, welche den Durchbruch des Sutledge begrenzen und wo die Hochebene tief durchfurcht ist und also wenig Wärme strahlen kann. Das Dorf Tangno wird nur zu 2834 m angegeben, während das Plateau um den heiligen See Manasa 5180 m hoch liegen soll. Bei dem Durchbruch der Kette findet Kapitän Gerard den Schnee an dem nördlichen Abfall sogar um 150 m niedriger als am südlichen, gegen Indien gekehrten Abfall. An letzterem wird die Schneegrenze von ihm zu 4570 m geschätzt. Die Vegetationsverhältnisse bieten die auffallendsten Unterschiede zwischen der tibetanischen Hochebene und dem südlichen, indischen Abhange der Himalayakette dar. In letzterem steigt die Feldernte, bei der der Halm aber oft noch grün abgemäht wird, nur zu 2923 m, die obere Waldgrenze mit noch hohen Eichen und Tewadarutannen zu 3643 m, niedere Zwergbirken zu 3956 m. Auf der Hochebene sah Kapitän Gerard Weideplätze bis 5184 m; Cerealien gedeihen bis 4288, ja bis 5050 m, Birken in hohen Stämmen bis 4288 m, kleines Buschwerk, als Brennholz dienend, bis 5184 m, d. i. 390 m höher als die ewige Schneegrenze unter dem Aequator in Quito. Es ist überaus wünschenswert, daß von neuem, und zwar von Reisenden, die an allgemeine Ansichten gewöhnt sind, sowohl die mittlere Höhe des tibetanischen Tafellandes, die ich zwischen dem Himalaya

und Kuenlün nur zu 3500 m annehme, wie auch das Verhältnis der Schneehöhen an dem nördlichen und südlichen Abfalle erforscht werde. [Dies ist, wie oben bemerkt, seither geschehen. Auch über die Meereshöhe des tibetanischen Hochplateaus zwischen Himalaya und Kuenlün wissen wir Näheres. Sie schwankt von 3650 bis 5180 m. — D. Herausg.] Man hat bisher oft Schätzungen mit wirklichen Messungen, die Höhen einzelner über dem Tafellande hervorragender Gipfel mit der umgebenden Ebene verwechselt. Lord macht auf einen Gegensatz aufmerksam zwischen den Höhen des ewigen Schnees an den beiden Abfällen des Himalaya und der Alpenkette Hindukusch. „Bei der letzteren Kette," sagt er, „liegt das Tafelland in Süden, und deshalb ist die Schneehöhe am südlichen Abhange größer: umgekehrt als am Himalaya, der von warmen Ebenen in Süden, wie der Hindukusch in Norden, begrenzt ist." So viel auch noch im einzelnen die hier behandelten hypsometrischen Angaben kritischer Berichtigungen bedürfen, so steht doch die Thatsache fest, daß die wunderbare Gestaltung eines Teils der Erdoberfläche in Innerasien dem Menschengeschlechte verleihet: Möglichkeit der Verbreitung, Nahrung, Brennstoffe und Ansiedelung in einer Höhe über der Meeresfläche, die in fast allen anderen Teilen beider Kontinente doch nicht in dem dürren, schneearmen Bolivia, wo Pentland die Schneegrenze unter 16°—17°,4 südlicher Breite im Jahre 1838 in einer Mittelhöhe von 4775 m fand) ewig mit Eis bedeckt ist. Die mir wahrscheinlichen Unterschiede der nördlichen und südlichen Abhänge der Himalayakette in Hinsicht auf den ewigen Schnee sind auch durch die Barometermessungen von Victor Jacquemont, welcher so früh ein unglückliches Opfer seiner edeln und rastlosen Thätigkeit wurde, vollkommen bestätigt worden. Zu welcher Höhe, sagt der benannte Reisende, man sich auf dem südlichen Abfall erhebe: immer behält das Klima denselben Charakter, dieselbe Abteilung der Jahreszeiten wie in den indischen Ebenen. „Das Sommer-Solstitium führt dort dieselben Regengüsse herbei, welche ohne Unterbrechung bis zum Herbst-Aequinoktium dauern. Erst von Kaschmir an, das ich 1631 m (also fast wie die Städte Merida und Popayan) gefunden, beginnt ein neues, ganz verschiedenartiges Klima." Die Moussons treiben, wie Leopold von Buch scharfsinnig bemerkt, die feuchte und warme Seeluft des indischen Tieflandes nicht über die Vormauer des Himalaya hinaus in das jenseitige tibetanische Gebiet von Ladak und Hlassa. Karl von Hügel schätzt die Höhe des Thales von Kaschmir über der Meeresfläche, nach dem Siedepunkt des Wassers bestimmt, zu 1773 m. [Zu hoch. Srinaggar oder Kaschmir liegt nur in 1650 m Meereshöhe. — D. Herausg.] In diesem ganz windstillen und fast ganz gewitterlosen Thale, unter 34° 7′ Breite, liegt der Schnee vom Dezember bis März mehrere Fuß hoch.

[6] (S. 10.) Sprich Páramos. Mit diesem Namen bezeichnet man die Hochebene in den Kordilleren Südameritas. — [D. Herausg.]

[7] (S. 11.) Ueber den eigentlichen Madhyadêsa s. Lassens vortreffliche Indische Altertumskunde Bd. I, S. 92. Bei den Chinesen ist Mo-kie-thi das südliche Bahar; der Teil, welcher im Süden des Ganges liegt. Djambu-dwipa ist ganz Indien, begreift aber auch bisweilen einen der vier buddhistischen Kontinente.

[8] (S. 19.) Die gewöhnlichen Angaben über den Schmelzpunkt sehr schwer schmelzbarer Substanzen sind viel zu hoch. Nach den, immer so genauen Untersuchungen von Mitscherlich ist der Schmelzpunkt des Granits wohl nicht höher als 1300° Cent.

[9] (S. 19.) Das ganze Geschlecht Amblypterus Ag., mit Palaeoniscus (einst Palaeothrissum) nahe verwandt, liegt unterhalb der Juraformation vergraben, im alten Steinkohlengebirge. Schuppen, die sich in einzelnen Lagen gleich den Zähnen bilden und mit Schmelz bedeckt sind, aus der Familie der Lepidoiden (Ordnung der Ganoiden), gehören nach den Placoiden zu den ältesten Gestalten vorweltlicher Fische, deren noch lebende Repräsentanten sich in zwei Geschlechtern, Bichir (Nil und Senegal) und Lepidosteus (Ohio), finden.

[10] (S. 23.) Diese von Humboldt verkündete allgemeine Verkettung hat seither in Charles Darwin den beredtesten Interpreten gefunden. — [D. Herausg.]

[11] (S. 25.) Auch in diesem Gedanken bekundet sich Goethe, wie schon oft nachgewiesen, als Vorläufer Darwins, und es ist interessant zu sehen, daß A. v. Humboldt ihm beipflichtet. — [D. Herausg.]

Begrenzung und wissenschaftliche Behandlung einer physischen Weltbeschreibung.

In den allgemeinen Betrachtungen, mit denen ich die Prolegomenen zur Weltanschauung eröffnet habe, wurde entwickelt und durch Beispiele zu erläutern gesucht, wie der Naturgenuß, verschiedenartig in seinen inneren Quellen, durch klare Einsicht in den Zusammenhang der Erscheinungen und in die Harmonie der belebenden Kräfte erhöht werden könne. Es wird jetzt mein Bestreben sein, den Geist und die leitende Idee der nachfolgenden wissenschaftlichen Untersuchungen spezieller zu erörtern, das Fremdartige sorgfältig zu scheiden, den Begriff und den Inhalt der Lehre vom Kosmos, wie ich dieselbe aufgefaßt und nach vieljährigen Studien unter mancherlei Zonen bearbeitet, in übersichtlicher Kürze anzugeben. Möge ich mir dabei der Hoffnung schmeicheln dürfen, daß eine solche Erörterung den unvorsichtigen Titel meines Werkes rechtfertigen und ihn von dem Vorwurfe der Anmaßung befreien werde! Die Prolegomenen umfassen in vier Abteilungen nach der einleitenden Betrachtung über die Ergründung der Weltgesetze:

1) den Begriff und die Begrenzung der physischen Weltbeschreibung, als einer eigenen und abgesonderten Disziplin;
2) den objektiven Inhalt: die reale, empirische Ansicht des Naturganzen in der wissenschaftlichen Form eines Naturgemäldes;
3) den Reflex der Natur auf die Einbildungskraft und das Gefühl, als Anregungsmittel zum Naturstudium durch begeisterte Schilderungen ferner Himmelsstriche und naturbeschreibende Poesie (einen Zweig der modernen Litteratur), durch veredelte Landschaftsmalerei, durch Anbau und kontrastierende Gruppierung exotischer Pflanzenformen;

4) die Geschichte der Weltanschauung: d. h. der allmählichen Entwickelung und Erweiterung des Begriffs vom Kosmos, als einem Naturganzen.

Je höher der Gesichtspunkt gestellt ist, aus welchem in diesem Werke die Naturerscheinungen betrachtet werden, desto bestimmter muß die zu begründende Wissenschaft umgrenzt und von allen verwandten Disziplinen geschieden werden. Physische Weltbeschreibung ist Betrachtung alles Geschaffenen, alles Seienden im Raume (der Naturdinge und Naturkräfte) als eines gleichzeitig bestehenden Naturganzen. Sie zerfällt für den Menschen, den Bewohner der Erde, in zwei Hauptabteilungen: den tellurischen und siderischen (uranologischen) Teil. Um die wissenschaftliche Selbständigkeit der physischen Weltbeschreibung festzustellen und ihr Verhältnis zu anderen Gebieten: zur eigentlichen Physik oder Naturlehre, zur Naturgeschichte oder speziellen Naturbeschreibung, zur Geognosie und vergleichenden Geographie oder Erdbeschreibung, zu schildern, wollen wir zunächst bei dem tellurischen (irdischen) Teile der physischen Weltbeschreibung verweilen. So wenig als die Geschichte der Philosophie in einer rohen Aneinanderreihung verschiedenartiger philosophischer Meinungen besteht, ebensowenig ist der tellurische Teil der Weltbeschreibung ein encyklopädisches Aggregat der oben genannten Naturwissenschaften. Die Grenzverwirrungen zwischen so innigst verwandten Disziplinen sind um so größer, als seit Jahrhunderten man sich gewöhnt hat, Gruppen von Erfahrungskenntnissen mit Namen zu bezeichnen, die bald zu eng, bald zu weit für das Bezeichnete sind; ja im klassischen Altertume, in den Sprachen, denen man sie entlehnte, eine ganz andere Bedeutung als die hatten, welche wir ihnen jetzt beilegen. Die Namen einzelner Naturwissenschaften: der Anthropologie, Physiologie, Naturlehre, Naturgeschichte, Geognosie und Geographie, sind entstanden und allgemein gebräuchlich geworden, bevor man zu einer klaren Einsicht über die Verschiedenartigkeit der Objekte und ihre möglichst strenge Begrenzung, d. i. über den Einteilungsgrund selbst, gelangt war. In der Sprache einer der gebildetsten Nationen Europas ist sogar, nach einer tief eingewurzelten Sitte, Physik kaum von der Arzneikunde zu trennen: während daß technische Chemie, Geologie und Astronomie, ganz empirisch behandelt, zu den philosophischen Arbeiten (transactions) einer mit Recht weltberühmten Akademie gezählt werden.

Umtausch alter, zwar unbestimmter, aber allgemein verständlicher Namen gegen neuere ist mehrfach, aber immer mit sehr geringem Erfolge, von denen versucht worden, die sich mit der Klassifikation aller Zweige des menschlichen Wissens beschäftigt haben: von der großen Encyklopädie (Margarita philosophica) des Kartäusermönchs Gregorius Reisch[1] an bis Baco, von Baco bis d'Alembert und, um der neuesten Zeit zu gedenken, bis zu dem scharfsinnigen Geometer und Physiker Ampère. Die wenig glückliche Wahl einer gräcisierenden Nomenklatur hat dem Unternehmen vielleicht mehr noch als die zu große dichotomische Zerspaltung und Vervielfältigung der Gruppen geschadet.

Die physische Weltbeschreibung, indem sie die Welt „als Gegenstand des äußeren Sinnes" umfaßt, bedarf allerdings der allgemeinen Physik und der Naturgeschichte als Hilfswissenschaften; aber die Betrachtung der körperlichen Dinge unter der Gestalt eines durch innere Kräfte bewegten und belebten Naturganzen hat als abgesonderte Wissenschaft einen ganz eigentümlichen Charakter. Die Physik verweilt bei den allgemeinen Eigenschaften der Materie, sie ist eine Abstraktion von den Kraftäußerungen der Stoffe; und schon da, wo sie zuerst begründet wurde, in den acht Büchern der physischen Vorträge des Aristoteles sind alle Erscheinungen der Natur als bewegende Lebensthätigkeit einer allgemeinen Weltkraft geschildert. Der tellurische Teil der physischen Weltbeschreibung, dem ich gern die alte ausdrucksvolle Benennung der physischen Erdbeschreibung lasse, lehrt die Verteilung des Magnetismus auf unserem Planeten nach Verhältnissen der Intensität und der Richtung; nicht die Gesetze magnetischer Anziehung und Abstoßung oder die Mittel, mächtige elektromagnetische Wirkungen bald vorübergehend, bald bleibend hervorzurufen. Die physische Erdbeschreibung schildert in großen Zügen die Gliederung der Kontinente und die Verteilung ihrer Massen in beiden Hemisphären: eine Verteilung, welche auf die Verschiedenheit der Klimate und die wichtigsten meteorologischen Prozesse des Luftkreises einwirkt; sie faßt den herrschenden Charakter der tellurischen Gebirgszüge auf, wie sie, in gleichlaufenden oder sich rostförmig durchschneidenden Reihen erhoben, verschiedenen Zeitepochen und Bildungssystemen angehören; sie untersucht die mittlere Höhe der Kontinente über der jetzigen Meeresfläche oder die Lage des Schwerpunktes ihres Volums, das Verhältnis der höchsten Gipfel

großer Ketten zu ihrem Rücken, zur Meeresnähe oder zur mineralogischen Natur der Gebirgsarten; sie lehrt, wie diese Gebirgsarten thätig und bewegend (durchbrechend), oder leidend und bewegt, unter mannigfaltiger Neigung ihrer Schichten, aufgerichtet und gehoben erscheinen; sie betrachtet die Reihung oder Isoliertheit der Vulkane, die Beziehung ihrer gegenseitigen Kraftäußerung, wie die Grenzen ihrer Erschütterungskreise, die im Lauf der Jahrhunderte sich erweitern oder verengen. Sie lehrt, um auch einige Beispiele aus dem Kampf des Flüssigen mit dem Starren anzuführen, was allen großen Strömen gemeinsam ist in ihrem oberen und unteren Laufe: wie Ströme einer Bifurkation (einer Unabgeschlossenheit des Stromgebietes) in beiden Teilen ihres Laufes fähig sind; wie sie bald kolossale Bergketten rechtwinkelig durchschneiden, bald ihnen parallel laufen: sei es längs dem nahen Abfall oder in beträchtlicher Ferne, als Folge des Einflusses, den ein gehobenes Bergsystem auf die Oberfläche ganzer Länderstrecken, auf den söhligen Boden der anliegenden Ebene ausgeübt hat. Nur die Hauptresultate der vergleichenden Orographie und Hydrographie gehören in die Wissenschaft, die ich hier umgrenze: nicht Verzeichnisse von Berghöhen, von jetzt thätigen Vulkanen oder von Größen der Stromgebiete; alles dies bleibt, nach meinen Ansichten, der speziellen Länderkunde und den mein Werk erläuternden Noten vorbehalten. Die Aufzählung gleichartiger oder nahe verwandter Naturverhältnisse, die generelle Uebersicht der tellurischen Erscheinungen in ihrer räumlichen Verteilung oder Beziehung zu den Erdzonen ist nicht zu verwechseln mit der Betrachtung von Einzeldingen der Natur (irdischen Stoffen, belebten Organismen, physischen Hergängen des Erdenlebens): einer Betrachtung, in der die Objekte bloß nach ihren inneren Analogieen systematisch geordnet werden.

Spezielle Länderbeschreibungen sind allerdings das brauchbarste Material zu einer allgemeinen physischen Geographie; aber die sorgfältigste Aneinanderreihung dieser Länderbeschreibungen würde ebensowenig das charakteristische Bild des tellurischen Naturganzen liefern, als die bloße Aneinanderreihung aller einzelnen Floren des Erdkreises eine Geographie der Pflanzen liefern würde. Es ist das Werk des kombinierenden Verstandes, aus den Einzelheiten der organischen Gestaltung (Morphologie, Naturbeschreibung der Pflanzen und Tiere) das Gemeinsame in der klimatischen Verteilung

herauszuheben, die numerischen Gesetze (die fixen Proportionen in der Zahl gewisser Formen oder natürlicher Familien zu der Gesamtzahl der Tiere und Pflanzen höherer Bildung) zu ergründen; anzugeben, in welcher Zone jegliche der Hauptformen ihr Maximum der Artenzahl und der organischen Entwickelung erreicht: ja wie der landschaftliche Eindruck, den die Pflanzendecke unseres Planeten in verschiedenen Abständen vom Aequator auf das Gemüt macht, großenteils von den Gesetzen der Pflanzengeographie abhängt.

Die systematisch geordneten Verzeichnisse aller organischen Gestaltungen, die wir ehemals mit dem allzu prunkvollen Namen von Natursystemen bezeichneten, bieten eine bewundernswürdige Verkettung nach inneren Beziehungen der Formähnlichkeit (Struktur), nach Vorstellungsweisen von allmählicher Entfaltung (Evolution) in Blatt und Kelch, in farbigen Blüten und Früchten, dar: nicht eine Verkettung nach räumlicher Gruppierung, d. i. nach Erdstrichen, nach der Höhe über der Meeresfläche, nach Temperatureinflüssen, welche die ganze Oberfläche des Meeres erleidet. Der höchste Zweck der physischen Erdbeschreibung ist aber, wie schon oben bemerkt worden, Erkenntnis der Einheit in der Vielheit, Erforschung des gemeinsamen und des inneren Zusammenhanges in den tellurischen Erscheinungen. Wo der Einzelheiten erwähnt wird, geschieht es nur, um die Gesetze der organischen Gliederung mit denen der geographischen Verteilung in Einklang zu bringen. Die Fülle der lebendigen Gestaltungen erscheint, nach diesem Gesichtspunkte geordnet, mehr nach Erdzonen, nach Verschiedenheit der Krümmung isothermer Linien, als nach der inneren Verwandtschaft, oder nach dem, der ganzen Natur inwohnenden Prinzipe der Steigerung und sich individualisierenden Entfaltung der Organe. Die natürliche Reihenfolge der Pflanzen- und Tierbildungen wird daher hier als etwas Gegebenes, der beschreibenden Botanik und Zoologie Entnommenes betrachtet. So ist es die Aufgabe, der physischen Geographie nachzuspüren, wie auf der Oberfläche der Erde sehr verschiedenartige Formen, bei scheinbarer Zerstreuung der Familien und Gattungen, doch in geheimnisvoller genetischer Beziehung zu einander stehen (Beziehungen des gegenseitigen Ersatzes und Ausschließens); wie die Organismen ein tellurisches Naturganzes bilden, durch Atmen und leise Verbrennungsprozesse den Luftkreis modifizieren und, vom Lichte in ihrem Gedeihen, ja in ihrem Dasein

prometheisch bedingt, trotz ihrer geringen Masse, doch auf das ganze äußere Erdeleben (das Leben der Erdrinde) einwirken.

Die Darstellungsweise, welche ich hier, als der physischen Erdbeschreibung ausschließlich geeignet, schildere, gewinnt an Einfachheit, wenn wir sie auf den uranologischen Teil des Kosmos, auf die physische Beschreibung des Weltraums und der himmlischen Weltkörper anwenden. Unterscheidet man, wie es der alte Sprachgebrauch thut, wie aber, nach tieferen Naturansichten, einst nicht mehr zu thun erlaubt sein wird, Naturlehre (Physik): die allgemeine Betrachtung der Materie, der Kräfte und der Bewegung; von der Chemie: der Betrachtung der verschiedenen Natur der Stoffe, ihrer stöchiologischen Heterogeneität, ihrer Verbindungen und Mischungsveränderungen nach eigenen, nicht durch bloße Massenverhältnisse erklärbaren Zichkräften; so erkennen wir in den tellurischen Räumen physische und chemische Prozesse zugleich. Neben der Grundkraft der Materie, der Anziehung aus der Ferne (Gravitation), wirken um uns her, auf dem Erdkörper, noch andere Kräfte in unmittelbarer Berührung oder unendlich kleiner Entfernung der materiellen Teile: Kräfte sogenannter chemischer Verwandtschaft, die, durch Elektrizität, Wärme und eine Kontaktsubstanz mannigfach bestimmt, in der unorganischen Natur wie in den belebten Organismen unausgesetzt thätig sind. In den Himmelsräumen bieten bisher sich unserer Wahrnehmung nur physische Prozesse, Wirkungen der Materie dar, die von der Massenverteilung abhängen, und die sich als den dynamischen Gesetzen der reinen Bewegungslehre unterworfen darstellen lassen. Solche Wirkungen werden als unabhängig von qualitativen Unterschieden (von Heterogeneität oder spezifischer Verschiedenheit) der Stoffe betrachtet.

Der Erdbewohner tritt in Verkehr mit der geballten und ungeballt zerstreuten Materie des fernen Weltraumes nur durch die Phänomene des Lichts und den Einfluß der allgemeinen Gravitation (Massenanziehung). Die Einwirkungen der Sonne oder des Mondes auf die periodischen Veränderungen des tellurischen Magnetismus sind noch in Dunkel gehüllt. Ueber die qualitative Natur der Stoffe, die in dem Weltall kreisen oder vielleicht denselben erfüllen, haben wir keine unmittelbare Erfahrung, es sei denn durch den Fall der Aërolithen: wenn man nämlich (wie es ihre Richtung und ungeheure Wurfgeschwindigkeit mehr als wahrscheinlich macht)

diese erhitzten, sich in Dämpfe einhüllenden Massen für kleine Weltkörper hält, welche, auf ihrem Wege durch die himmlischen Räume, in die Anziehungssphäre unseres Planeten kommen. Das heimische Ansehen ihrer Bestandteile, ihre mit unseren tellurischen Stoffen ganz gleichartige Natur sind sehr auffallend. Sie können durch Analogie zu Vermutungen über die Beschaffenheit solcher Planeten führen, die zu einer Gruppe gehören, unter der Herrschaft eines Centralkörpers sich durch Niederschläge aus kreisenden Ringen dunstförmiger Materie gebildet haben. Bessels Pendelversuche, die von einer noch unerreichten Genauigkeit zeugen, haben dem Newtonischen Axiom, daß Körper von der verschiedenartigsten Beschaffenheit (Wasser, Gold, Quarz, körniger Kalkstein, Aërolithenmassen) durch die Anziehung der Erde eine völlig gleiche Beschleunigung der Bewegung erfahren, eine neue Sicherheit verliehen; ja mannigfaltige rein astronomische Resultate: z. B. die fast gleiche Jupitersmasse aus der Einwirkung des Jupiter auf seine Trabanten, auf Enckes Kometen, auf die kleinen Planeten (Vesta, Juno, Ceres und Pallas): lehren, daß überall nur die Quantität der Materie die Ziehkraft derselben bestimmt.

Diese Ausschließung von allem Wahrnehmbaren der Stoffverschiedenheit vereinfacht auf eine merkwürdige Weise die Mechanik des Himmels: sie unterwirft das ungemessene Gebiet des Weltraums der alleinigen Herrschaft der Bewegungslehre; und der astrognostische Teil der physischen Weltbeschreibung schöpft aus der fest begründeten theoretischen Astronomie, wie der tellurische Teil aus der Physik, der Chemie und der organischen Morphologie. Das Gebiet der letztgenannten Disziplinen umfaßt so verwickelte und teilweise den mathematischen Ansichten widerstrebende Erscheinungen, daß der tellurische Teil der Lehre vom Kosmos sich noch nicht derselben Sicherheit und Einfachheit der Behandlung zu erfreuen hat, welche der astronomische möglich macht. In den hier angedeuteten Unterschieden liegt gewissermaßen der Grund, warum in der früheren Zeit griechischer Kultur die pythagoreische Naturphilosophie dem Weltraume mehr als den Erdräumen zugewandt war; warum sie durch Philolaus, und in späteren Nachklängen durch Aristarch von Samos und Seleucus den Erythräer für die wahre Kenntnis unseres Sonnensystems in einem weit höheren Grade fruchtbringend geworden ist, als die ionische Naturphilosophie es der Physik

der Erde sein konnte. Gleichgültiger gegen die spezifische Natur des Raumerfüllenden, gegen die qualitative Verschiedenheit der Stoffe, war der Sinn der italischen Schule mit dorischem Ernste allein auf geregelte Gestaltung, auf Form und Maß gerichtet: während die ionischen Physiologen bei dem Stoffartigen, seinen geahneten Umwandlungen und genetischen Verhältnissen vorzugsweise verweilten. Es war dem mächtigen, echt philosophischen und dabei so praktischen Geiste des Aristoteles vorbehalten, mit gleicher Liebe sich in die Welt der Abstraktionen und in die unermeßlich reiche Fülle des Stoffartig-Verschiedenen der organischen Gebilde zu versenken.

Mehrere und sehr vorzügliche Werke über physische Geographie enthalten in der Einleitung einen astronomischen Teil, in dem sie die Erde zuerst in ihrer planetarischen Abhängigkeit, in ihrem Verhältnis zum Sonnensystem betrachten. Dieser Weg ist ganz dem entgegengesetzt, den ich mir vorgezeichnet habe. In einer Weltbeschreibung muß der astrognostische Teil, den Kant die Naturgeschichte des Himmels nannte, nicht dem tellurischen untergeordnet erscheinen. Im Kosmos ist, wie schon der alte Kopernikaner, Aristarch der Samier, sich ausdrückte, die Sonne (mit ihren Gefährten) ein Stern unter den zahllosen Sternen. Eine allgemeine Weltansicht muß also mit den, den Weltraum füllenden, himmlischen Körpern beginnen: gleichsam mit dem Entwurf einer graphischen Darstellung des Universums, einer eigentlichen Weltkarte, wie zuerst mit kühner Hand sie Herschel der Vater gezeichnet hat. Wenn, trotz der Kleinheit unseres Planeten, der tellurische Teil in der Weltbeschreibung den größten Raum einnimmt und am ausführlichsten behandelt wird, so geschieht dies nur in Beziehung auf die ungleiche Masse des Erkannten, auf die Ungleichheit des empirisch Zugänglichen. Jene Unterordnung des uranologischen Teils finden wir übrigens schon bei dem großen Geographen Bernhard Varenius[2] in der Mitte des 17. Jahrhunderts. Er unterscheidet sehr scharfsinnig allgemeine und spezielle Erdbeschreibung; und teilt die erstere wieder in die absolut tellurische und die planetarische ein: je nachdem man betrachtet die Verhältnisse der Erdoberfläche in den verschiedenen Zonen, oder das solarisch-lunare Leben der Erde, die Beziehung unseres Planeten zu Sonne und Mond. Ein bleibender Ruhm für Varenius ist es, daß die Ausführung eines solchen Entwurfes der allgemeinen und vergleichenden Erdkunde Newtons Aufmerk-

samkeit in einem hohen Grade auf sich gezogen hatte; aber bei dem mangelhaften Zustande der Hilfswissenschaften, aus denen Varenius schöpfte, konnte die Bearbeitung nicht der Größe des Unternehmens entsprechen. Es war unserer Zeit vorbehalten, die vergleichende Erdkunde in ihrem weitesten Umfange, ja in ihrem Reflex auf die Geschichte der Menschheit, auf die Beziehungen der Erdgestaltung zu der Richtung der Völkerzüge und der Fortschritte der Gesittung, meisterhaft bearbeitet zu sehen.

Die Aufzählung der vielfachen Strahlen, die sich in dem gesamten Naturwissen wie in einem Brennpunkte vereinigen, kann den Titel des Werks rechtfertigen, das ich, am späten Abend meines Lebens, zu veröffentlichen wage. Dieser Titel ist vielleicht kühner als das Unternehmen selbst: in den Grenzen, die ich mir gesetzt habe. In speziellen Disziplinen hatte ich bisher, so viel als möglich, neue Namen zur Bezeichnung allgemeiner Begriffe vermieden. Wo ich Erweiterungen der Nomenklatur versuchte, waren sie auf die Einzeldinge der Tier- und Pflanzenkunde beschränkt gewesen. Das Wort: physische Weltbeschreibung, dessen ich mich hier bediene, ist dem längst gebräuchlichen: physische Erdbeschreibung nachgebildet. Die Erweiterung des Inhalts, die Schilderung eines Naturganzen von den fernen Nebelflecken an bis zur klimatischen Verbreitung der organischen Gewebe, die unsere Felsklippen färben, machen die Einführung eines neuen Wortes notwendig. So sehr auch in dem Sprachgebrauch, bei der früheren Beschränktheit menschlicher Ansichten, die Begriffe Erde und Welt sich verschmelzen (ich erinnere an die Ausdrücke: Weltumsegelung, Weltkarten, Neue Welt), so ist doch die wissenschaftliche Absonderung von Welt und Erde ein allgemein gefühltes Bedürfnis. Die schönen und richtiger gebildeten Ausdrücke: Weltgebäude, Weltraum, Weltkörper, Weltschöpfung für den Inbegriff und den Ursprung aller Materie, der irdischen, wie der fernsten Gestirne, rechtfertigen diese Absonderung. Um dieselbe bestimmter, ich könnte sagen feierlicher und auf altertümliche Weise anzudeuten, ist dem Titel meines Werkes das Wort Kosmos vorgesetzt: das ursprünglich, in der Homerischen Zeit, Schmuck und Ordnung bedeutete, später aber zu einem philosophischen Kunstausdrucke, zur wissenschaftlichen Bezeichnung der Wohlgeordnetheit der Welt, ja der ganzen Masse des Raumerfüllenden, d. i. des Weltalls selbst, umgeprägt ward.

Bei der Schwierigkeit, in der steten Veränderlichkeit irdischer Erscheinungen das Geregelte oder Gesetzliche zu erkennen, wurde der Geist der Menschen vorzugsweise und früh von der gleichförmigen, harmonischen Bewegung der Himmelskörper angezogen. Nach dem Zeugnisse des Philolaus, dessen echte Bruchstücke Böckh so geistreich bearbeitet hat, nach dem einstimmigen Zeugnis des ganzen Altertums[3] hat Pythagoras zuerst das Wort Kosmos für Weltordnung, Welt und Himmelsraum gebraucht. Aus der philosophischen italischen Schule ist das Wort in die Sprache der Dichter der Natur (Parmenides und Empedokles), später endlich und langsamer in die Prosaiker übergegangen. Daß, nach pythagoreischen Ansichten, dasselbe Wort in der Mehrzahl bisweilen auch auf einzelne Weltkörper (Planeten), die um den Herd der Welt eine kreisförmige Bahn beschreiben, oder auf Gruppen von Gestirnen (Weltinseln) angewendet wurde; ja daß Philolaus sogar einmal Olymp, Kosmos und Uranos unterscheidet: ist hier nicht zu erörtern. In meinem Entwurfe einer Weltbeschreibung ist Kosmos, wie der allgemeinste Gebrauch in der nach-pythagoreischen Zeit es gebietet und wie der unbekannte Verfasser des Buches de Mundo, das lange dem Aristoteles zugeschrieben wurde, das Wort definiert hat, für den Inbegriff von Himmel und Erde, für die ganze Körperwelt genommen. Durch Nachahmungssucht der spät philosophierenden Römer wurde das Wort mundus, welches bei ihnen Schmuck, nicht einmal Ordnung, bezeichnete, zu der Bedeutung von Weltall umgestempelt. Die Einführung eines solchen Kunstausdruckes in die lateinische Sprache, die wörtliche Uebertragung des griechischen Kosmos, in zwiefachem Sinne gebraucht, ist wahrscheinlich dem Ennius[4] zuzuschreiben: einem Anhänger der italischen Schule, dem Uebersetzer pythagoreischer Philosopheme des Epicharmus oder eines Nachahmers desselben.

Wie eine physische Weltgeschichte, wenn die Materialien dazu vorhanden wären, im weitesten Sinne des Wortes die Veränderungen schildern sollte, welche im Lauf der Zeiten der Kosmos durchwandert hat: von den neuen Sternen an, die am Firmamente urplötzlich aufgelodert, und den Nebelflecken, die sich auflösen oder gegen ihre Mitte verdichten, bis zum feinsten Pflanzengewebe, das die nackte, erkaltete Erdrinde oder ein gehobenes Korallenriff allmählich und fortschreitend bedeckt; so schildert dagegen die physische Weltbeschreibung

das Zusammenbestehende im Raume, das gleichzeitige Wirken der Naturkräfte und der Gebilde, die das Produkt dieser Kräfte sind. Das Seiende ist aber, im Begreifen der Natur, nicht von dem Werden absolut zu scheiden; denn nicht das Organische allein ist ununterbrochen im Werden und Untergehen begriffen: das ganze Erdenleben mahnt, in jedem Stadium seiner Existenz, an die früher durchlaufenen Zustände. So enthalten die übereinander gelagerten Steinschichten, aus denen der größere Teil der äußeren Erdrinde besteht, die Spuren einer fast gänzlich untergegangenen Schöpfung: sie verkünden eine Reihe von Bildungen, die sich gruppenweise ersetzt haben; sie entfalten dem Blick des Beobachters gleichzeitig im Raume die Faunen und Floren der verflossenen Jahrtausende. In diesem Sinne wären Naturbeschreibung und Naturgeschichte nicht gänzlich voneinander zu trennen. Der Geognost kann die Gegenwart nicht ohne die Vergangenheit fassen. Beide durchdringen und verschmelzen sich in dem Naturbilde des Erdkörpers, wie, im weiten Gebiete der Sprachen, der Etymologe in dem dermaligen Zustande grammatischer Formen ihr Werden und progressives Gestalten, ja die ganze sprachbildende Vergangenheit in der Gegenwart abgespiegelt findet. In der materiellen Welt aber ist diese Abspiegelung des Gewesenen um so klarer, als wir analoge Produkte unter unseren Augen sich bilden sehen. Unter den Gebirgsarten, um ein Beispiel der Geognosie zu entlehnen, beleben Trachytkegel, Basalt, Bimssteinschichten und schlackige Mandelsteine auf eigentümliche Weise die Landschaft. Sie wirken auf unsere Einbildungskraft wie Erzählungen aus der Vorwelt. Ihre Form ist ihre Geschichte.

Das Sein wird in seinem Umfang und inneren Sein vollständig erst als ein Gewordenes erkannt. Von dieser ursprünglichen Verschmelzung der Begriffe zeugt das klassische Altertum in dem Gebrauche des Worts: Historie bei Griechen und Römern. Wenn auch nicht in der Definition, die Verrius Flaccus gibt, so ist doch in den zoologischen Schriften des Aristoteles Historie eine Erzählung von dem Erforschten, dem sinnlich Wahrgenommenen. Die physische Weltbeschreibung des älteren Plinius führt den Titel einer Historia naturalis; in den Briefen des Neffen wird sie edler eine „Geschichte der Natur" genannt. Im klassischen Altertum trennen die frühesten Historiker noch wenig die Länderbeschreibung

von der Darstellung der Begebenheiten, deren Schauplatz die beschriebenen Länder gewesen sind. Physische Geographie und Geschichte erscheinen lange anmutig gemischt, bis das wachsende politische Interesse und ein vielbewegtes Staatsleben das erste Element verdrängten, das nun in eine abgesonderte Disziplin überging.

Die Vielheit der Erscheinungen des Kosmos in der Einheit des Gedankens, in der Form eines rein rationalen Zusammenhanges zu umfassen, kann, meiner Einsicht nach, bei dem jetzigen Zustande unseres empirischen Wissens nicht erlangt werden. Erfahrungswissenschaften sind nie vollendet, die Fülle sinnlicher Wahrnehmungen ist nicht zu erschöpfen; keine Generation wird je sich rühmen können, die Totalität der Erscheinungen zu übersehen. Nur da, wo man die Erscheinungen gruppenweise sondert, erkennt man in einzelnen gleichartigen Gruppen das Walten großer und einfacher Naturgesetze. Je mehr die physikalischen Wissenschaften sich ausbilden, desto mehr erweitern sich auch die Kreise dieses Waltens. Glänzende Beweise davon geben die neuerlangten Ansichten der Prozesse, welche sowohl im festen Erdkörper als in der Atmosphäre von elektro-magnetischen Kräften, von der strahlenden Wärme oder der Fortpflanzung der Lichtwellen abhangen; glänzende Beweise die Evolutionsbildungen des Organismus, in denen alles Entstehende vorher angedeutet ist, wo gleichsam aus einerlei Hergang in der Vermehrung und Umwandlung von Zellen das Gewebe der Tier- und Pflanzenwelt entsteht. In der Verallgemeinerung der Gesetze, die anfangs nur engere Kreise, isoliertere Gruppen von Phänomenen zu beherrschen scheinen, gibt es mannigfaltige Abstufungen. Die Herrschaft der erkannten Gesetze gewinnt an Umfang, der ideelle Zusammenhang an Klarheit, solange die Forschungen auf gleichartige, unter sich verwandte Massen gerichtet sind. Wo aber die dynamischen Ansichten, die sich dazu nur auf bildliche atomistische Voraussetzungen gründen, nicht ausreichen, weil die spezifische Natur der Materie und ihre Heterogeneität im Spiel sind; da geraten wir, nach Einheit des Begreifens strebend, auf Klüfte von noch unergründeter Tiefe. Es offenbart sich dort das Wirken einer eigenen Art von Kräften. Das Gesetzliche numerischer Verhältnisse, welches der Scharfsinn der neueren Chemiker so glücklich und glänzend, doch aber ebenfalls nur unter einem uralten Gewande, in den Symbolen atomistischer Vorstellungsweisen erkannt hat, bleibt

bis jetzt isoliert, ununterworfen den Gesetzen aus dem Bereich der reinen Bewegungslehre.

Die Einzelheiten, auf welche sich alle unmittelbare Wahrnehmung beschränkt, können logisch in Klassen und Gattungen geordnet werden. Solche Anordnungen führen, wie ich schon oben tadelnd bemerkte, als ein naturbeschreibender Teil, den anmaßenden Titel von Natursystemen. Sie erleichtern freilich das Studium der organischen Gebilde und ihrer linearen Verkettung untereinander, aber als Verzeichnisse gewähren sie nur ein formelles Band; sie bringen mehr Einheit in die Darstellung als in die Erkenntnis selbst. Wie es Graduationen gibt in der Verallgemeinerung der Naturgesetze, je nachdem sie größere oder kleinere Gruppen von Erscheinungen, weitere oder engere Kreise organischer Gestaltung und Gliederung umfassen: so gibt es auch Abstufungen im empirischen Forschen. Es beginnt dasselbe von vereinzelten Anschauungen, die man gleichartig sondert und ordnet. Von dem Beobachten wird fortgeschritten zum Experimentieren: zum Hervorrufen der Erscheinungen unter bestimmten Bedingnissen, nach leitenden Hypothesen, d. h. nach dem Vorgefühl von dem inneren Zusammenhange der Naturdinge und Naturkräfte. Was durch Beobachtung und Experiment erlangt ist, führt, auf Analogieen und Induktion gegründet, zur Erkenntnis empirischer Gesetze. Das sind die Phasen, gleichsam die Momente, welche der beobachtende Verstand durchläuft und die in der Geschichte des Naturwissens der Völker besondere Epochen bezeichnen.

Zwei Formen der Abstraktion beherrschen die ganze Masse der Erkenntnis: quantitative, Verhältnisbestimmungen nach Zahl und Größe, und qualitative, stoffartige Beschaffenheiten. Die erstere, zugänglichere Form gehört dem mathematischen, die zweite dem chemischen Wissen an. Um die Erscheinungen dem Kalkul zu unterwerfen, wird die Materie aus Atomen (Molekülen) konstruiert, deren Zahl, Form, Lage und Polarität die Erscheinungen bedingen soll. Die Mythen von imponderablen Stoffen und von eigenen Lebenskräften in jeglichem Organismus verwickeln und trüben die Ansicht der Natur. Unter so verschiedenartigen Bedingnissen und Formen des Erkennens bewegt sich träge die schwere Last unseres angehäuften und jetzt so schnell anwachsenden empirischen Wissens. Die grübelnde Vernunft versucht mutvoll und mit wechselndem Glücke die alten Formen zu zerbrechen, durch welche man den widerstrebenden Stoff, wie

durch mechanische Konstruktionen und Sinnbilder, zu beherrschen gewohnt ist.

Wir sind noch weit von dem Zeitpunkte entfernt, wo es möglich sein könnte, alle unsere sinnlichen Anschauungen zur Einheit des Naturbegriffs zu konzentrieren. Es darf zweifelhaft genannt werden, ob dieser Zeitpunkt je herannahen wird. Die Komplikation des Problems und die Unermeßlichkeit des Kosmos vereiteln fast die Hoffnung dazu. Wenn uns aber auch das Ganze unerreichbar ist, so bleibt doch die teilweise Lösung des Problems, das Streben nach dem Verstehen der Welterscheinungen, der höchste und ewige Zweck aller Naturforschung. Dem Charakter meiner früheren Schriften, wie der Art meiner Beschäftigungen treu, welche Versuchen, Messungen, Ergründung von Thatsachen gewidmet waren: beschränke ich mich auch in diesem Werke auf eine empirische Betrachtung. Sie ist der alleinige Boden, auf dem ich mich weniger unsicher zu bewegen verstehe. Diese Behandlung einer empirischen Wissenschaft, oder vielmehr eines Aggregats von Kenntnissen, schließt nicht aus die Anordnung des Aufgefundenen nach leitenden Ideen, die Verallgemeinerung des Besonderen, das stete Forschen nach empirischen Naturgesetzen. Ein denkendes Erkennen, ein vernunftmäßiges Begreifen des Universums würden allerdings ein noch erhabeneres Ziel darbieten. Ich bin weit davon entfernt, Bestrebungen, in denen ich mich nicht versucht habe, darum zu tadeln, weil ihr Erfolg bisher sehr zweifelhaft geblieben ist. Mannigfaltig mißverstanden, und ganz gegen die Absicht und den Rat der tiefsinnigen und mächtigen Denker, welche diese schon dem Altertum eigentümlichen Bestrebungen wiederum angeregt: haben naturphilosophische Systeme, eine kurze Zeit über, in unserem Vaterlande, von den ernsten und mit dem materiellen Wohlstande der Staaten so nahe verwandten Studien mathematischer und physikalischer Wissenschaften abzulenken gedroht. Der berauschende Wahn des errungenen Besitzes; eine eigene, abenteuerlich-symbolisierende Sprache; ein Schematismus, enger, als ihn je das Mittelalter der Menschheit angezwängt: haben, in jugendlichem Mißbrauch edler Kräfte, die heiteren und kurzen Saturnalien eines rein ideellen Naturwissens bezeichnet. Ich wiederhole den Ausdruck: Mißbrauch der Kräfte; denn ernste, der Philosophie und der Beobachtung gleichzeitig zugewandte Geister sind jenen Saturnalien fremd geblieben. Der Inbegriff von Erfahrungskenntnissen und eine in allen ihren

Teilen ausgebildete Philosophie der Natur (falls eine solche Ausbildung je zu erreichen ist) können nicht in Widerspruch treten, wenn die Philosophie der Natur, ihrem Versprechen gemäß, das vernunftmäßige Begreifen der wirklichen Erscheinungen im Weltall ist. Wo der Widerspruch sich zeigt, liegt die Schuld entweder in der Hohlheit der Spekulation oder in der Anmaßung der Empirie, welche mehr durch die Erfahrung erwiesen glaubt, als durch dieselbe begründet ward.

Man mag nun die Natur dem Bereich des Geistigen entgegensetzen, als wäre das Geistige nicht auch in dem Naturganzen enthalten: oder man mag die Natur der Kunst entgegenstellen, letztere in einem höheren Sinne als den Inbegriff aller geistigen Produktionskraft der Menschheit betrachtet; so müssen diese Gegensätze doch nicht auf eine solche Trennung des Physischen vom Intellektuellen führen, daß die Physik der Welt zu einer bloßen Anhäufung empirisch gesammelter Einzelheiten herabsinke. Wissenschaft fängt erst an, wo der Geist sich des Stoffes bemächtigt, wo versucht wird, die Masse der Erfahrungen einer Vernunfterkenntnis zu unterwerfen; sie ist der Geist, zugewandt zu der Natur. Die Außenwelt existiert aber nur für uns, indem wir sie in uns aufnehmen, indem sie sich in uns zu einer Naturanschauung gestaltet. So geheimnisvoll unzertrennlich als Geist und Sprache, der Gedanke und das befruchtende Wort sind: ebenso schmilzt, uns selbst gleichsam unbewußt, die Außenwelt mit dem Innersten im Menschen, mit dem Gedanken und der Empfindung zusammen. „Die äußerlichen Erscheinungen werden so," wie Hegel sich in der Philosophie der Geschichte ausdrückt, „in die innerliche Vorstellung übersetzt." Die objektive Welt, von uns gedacht, in uns reflektiert, wird den ewigen, notwendigen, alles bedingenden Formen unserer geistigen Existenz unterworfen. Die intellektuelle Thätigkeit übt sich dann an dem durch die sinnliche Wahrnehmung überkommenen Stoffe. Es ist daher schon im Jugendalter der Menschheit, in der einfachsten Betrachtung der Natur, in dem ersten Erkennen und Auffassen eine Anregung zu naturphilosophischen Ansichten. Diese Anregung ist verschieden, mehr oder minder lebhaft, nach der Gemütsstimmung, der nationalen Individualität und dem Kulturzustande der Völker. Eine Geistesarbeit beginnt, sobald, von innerer Notwendigkeit getrieben, das Denken den Stoff sinnlicher Wahrnehmungen aufnimmt.

Die Geschichte hat uns die vielfach gewagten Versuche aufbewahrt, die Welt der physischen Erscheinungen in ihrer Vielheit zu begreifen; eine einige, das ganze Universum durchdringende, bewegende, entmischende Weltkraft zu erkennen. Diese Versuche steigen in der klassischen Vorzeit zu den Physiologieen und Urstofflehren der ionischen Schule hinauf: wo bei wenig ausgedehnter Empirie (bei einem dürftigen Material von Thatsachen) das ideelle Bestreben, die Naturerklärungen aus reiner Vernunfterkenntnis, vorherrschten. Je mehr aber während einer glänzenden Erweiterung aller Naturwissenschaften das Material des sicheren empirischen Wissens anwuchs, desto mehr erkaltete allmählich der Trieb, das Wesen der Erscheinungen und ihre Einheit, als ein Naturganzes, durch Konstruktion der Begriffe aus der Vernunfterkenntnis abzuleiten. In der uns nahen Zeit hat der mathematische Teil der Naturphilosophie sich einer großen und herrlichen Ausbildung zu erfreuen gehabt. Die Methoden und das Instrument (die Analyse) sind gleichzeitig vervollkommnet worden. Was so auf vielfachen Wegen durch sinnige Anwendung atomistischer Prämissen, durch allgemeineren und unmittelbareren Kontakt mit der Natur, durch das Hervorrufen und Ausbilden neuer Organe errungen worden ist; soll: wie im Altertume, so auch jetzt, ein gemeinsames Gut der Menschheit, der freiesten Bearbeitung der Philosophie in ihren wechselnden Gestaltungen nicht entzogen werden. Bisweilen ist freilich die Unversehrtheit des Stoffes in dieser Bearbeitung einige Gefahr gelaufen; und in dem steten Wechsel ideeller Ansichten ist es wenig zu verwundern, wenn, wie so schön im Bruno gesagt wird, „viele die Philisophie nur meteorischer Erscheinungen fähig halten und daher auch die größeren Formen, in denen sie sich geoffenbart hat, das Schicksal der Kometen bei dem Volke teilen: das sie nicht zu den bleibenden und ewigen Werken der Natur, sondern zu den vergänglichen Erscheinungen feuriger Dünste zählt."

Mißbrauch oder irrige Richtungen der Geistesarbeit müssen aber nicht zu der, die Intelligenz entehrenden Ansicht führen, als sei die Gedankenwelt, ihrer Natur nach, die Region phantastischer Truggebilde; als sei der so viele Jahrhunderte hindurch gesammelte überreiche Schatz empirischer Anschauung von der Philosophie, wie von einer feindlichen Macht, bedroht. Es geziemt nicht dem Geiste unserer Zeit, jede Verallgemeinerung der Begriffe, jeden auf Induktion und Analogieen

gegründeten Versuch, tiefer in die Verkettung der Naturerscheinungen einzudringen, als bodenlose Hypothese zu verwerfen; und unter den edeln Anlagen, mit denen die Natur den Menschen ausgestattet hat, bald die nach einem Kausalzusammenhang grübelnde Vernunft, bald die regsame, zu allem Entdecken und Schaffen notwendige und anregende Einbildungskraft zu verdammen.

Anmerkungen.

[1] (S. 36.) Die Margarita philosophica des Priors der Kartause bei Freiburg, Gregorius Reisch, erschien zuerst unter dem Titel Aepitome omnis Philosophiae, alias Margarita philosophica tractans de omni genere scibili. So die Heidelberger Ausgabe von 1486 und die Straßburger von 1504. In der Freiburger desselben Jahres und in den zwölf folgenden Editionen, welche in der kurzen Epoche bis 1535 erschienen, blieb der erste Teil des Titels weg. Das Werk hat einen großen Einfluß auf die Verbreitung mathematischer und physikalischer Kenntnisse im Anfang des 16. Jahrhunderts ausgeübt; und Chasles, der gelehrte Verfasser des Aperçu historique des méthodes en Géométrie (1837), hat gezeigt, wie wichtig die Reischische Encyklopädie für die Geschichte der Mathematik des Mittelalters ist. Ich habe mich bemüht, durch eine Stelle, die sich in einer einzigen Ausgabe der Margarita philosophica (der von 1513) findet, die wichtigen Verhältnisse des Geographen von St. Dié, Hylacomilus (Martin Waldseemüller), der den Neuen Weltteil zuerst (1507) Amerika genannt hat, zu Amerigo Vespucci, zu dem König Renatus von Jerusalem, Herzog von Lothringen, und zu den berühmten Ausgaben des Ptolemäus von 1513 und 1522 zu entwirren.

[2] (S. 41.) Geographia generalis in qua affectiones generales telluris explicantur. Die älteste Amsterdamer (Elzevirische) Ausgabe ist von 1650; die zweite (1672) und dritte (1681) wurden zu Cambridge von Newton besorgt. Das überaus wichtige Werk des Varenius ist im eigentlichen Sinne des Worts eine physische Erdbeschreibung. Seit der vortrefflichen Naturbeschreibung des neuen Kontinents, die der Jesuit Joseph de Acosta (Historia natural de las Indias 1590) entwarf, waren die tellurischen Phänomene nie in solcher Allgemeinheit aufgefaßt worden. Acosta ist reicher an eigenen Beobachtungen; Varenius umfaßt einen größeren Ideenkreis: da ihn sein Aufenthalt in Holland, als dem Mittelpunkt eines großen Welthandels, in Berührung mit vielen wohlunterrichteten Reisenden gesetzt hatte. „Generalis sive universalis Geographia dicitur, quae tellurem in genere considerat atque affectiones explicat, non habita

particularium regionum ratione.“ Die allgemeine Erdbeschreibung des Varenius (Pars absoluta cap. 1—22) ist in ihrem ganzen Umfange eine vergleichende, wenngleich der Verfasser das Wort Geographia comparativa (cap. 33—40) in einer viel eingeschränkteren Bedeutung gebraucht. Merkwürdig sind die Aufzählung der Gebirgssysteme und die Betrachtung der Verhältnisse ihrer Richtungen zu der Gestalt der ganzen Kontinente; die Liste der brennenden und ausgebrannten Vulkane; die Zusammenstellung der Resultate über die Verteilung der Inseln und Inselgruppen, über die Tiefe des Ozeans in Vergleich mit der Höhe naher Küsten, über den gleich hohen Stand der Oberfläche aller offenen Meere, über die Strömungen in ihrer Abhängigkeit von den herrschenden Winden, die ungleiche Salzigkeit des Meeres und die Konfiguration der Küsten, die Windrichtungen als Folge der Temperaturverschiedenheit u. s. f. Auch die Betrachtungen über die allgemeine Aequinoktialströmung von Osten nach Westen als Ursache des, schon am Kap San Augustin anfangenden und zwischen Cuba und Florida ausbrechenden Golfstromes sind vortrefflich. Die Richtungen der Strömung längs der westafrikanischen Küste zwischen dem Grünen Vorgebirge und der Insel Fernando Po im Golf von Guinea werden äußerst genau beschrieben. Die sporadischen Inseln hält Varenius für „gehobenen Meeresgrund“: magna spirituum inclusorum vi, sicut aliquando montes e terra protrusos esse quidam scribunt. Die 1681 von Newton veranstaltete Ausgabe (auctior et emendatior) enthält leider keine Zusätze des großen Mannes. Der sphäroidalen Gestalt und Abplattung der Erde geschieht nirgends Erwähnung, obgleich Richers Pendelversuche um 9 Jahre älter als die Ausgabe von Cambridge sind; aber Newtons Principia mathematica Philosophiae naturalis wurden erst im April 1686 der königlichen Societät zu London im Manuskripte mitgeteilt. Es schwebt viel Ungewißheit über das Vaterland des Varenius. Nach Jöcher ward er in England, nach der Biographie Universelle in Amsterdam geboren; aus der Zueignung der allgemeinen Geographie an die Bürgermeister dieser Stadt ist aber zu ersehen, daß beide Angaben gleich falsch sind. Varenius sagt ausdrücklich, er habe sich nach Amsterdam geflüchtet, „da seine Vaterstadt im langen Kriege eingeäschert und gänzlich zerstört worden sei“. Diese Worte scheinen das nördliche Deutschland und die Verheerungen des Dreißigjährigen Krieges zu bezeichnen. Auch bemerkt Varenius in der Zueignung seiner Descriptio Regni Japoniae (Amst. 1649) an den Senat von Hamburg: daß er seine ersten mathematischen Studien auf dem Hamburger Gymnasium gemacht habe. Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, daß dieser scharfsinnige Geograph ein Deutscher und zwar ein Lüneburger war.

[3] (S. 43.) Κόσμος war in der ältesten und eigentlichen Bedeutung wohl nur Schmuck (Männer-, Frauen- oder Pferdeschmuck);

bildlich Ordnung, für εὐταξία, und Schmuck der Rede. Daß Pythagoras zuerst das Wort für Weltordnung und Welt gebraucht, wird von den Alten einstimmig versichert. Da er selbst nicht geschrieben, so sind die ältesten Beweisstellen die Bruchstücke des Philolaus. Wir führen nicht mit Näke den Timäus von Locri an, weil seine Echtheit zu bezweifeln ist. Plutarch sagt auf das bestimmteste, daß Pythagoras zuerst den Inbegriff des Universums Kosmos nannte wegen der darin herrschenden Ordnung. (Ebenso Galen.) Das Wort ging in der neuen Bedeutung aus der philosophischen Schule in die Sprache der Naturdichter und Prosaiker über. Plato fährt fort die Weltkörper selbst Uranos zu nennen; die Weltordnung ist ihm aber auch Kosmos, und im Timäus heißt Weltall ein mit Seele begabtes Tier (κόσμον ζῷον ἔμψυχον). Vergl. über den von allem Stoff gesonderten weltordnenden Geist Anaxag. Claz. ed. Schaubach p. 111 und Plut. de plac. phil. II, 3. Bei Aristoteles ist Kosmos „Welt und Weltordnung"; er wird aber auch betrachtet als räumlich zerfallend in die sublunarische Welt und die höhere, über dem Monde. Die von mir oben im Text citierte Definition des Kosmos aus dem Pseudo-Aristoteles cap. 2 (p. 391) lautet also: κόσμος ἐστὶ σύστημα ἐξ οὐρανοῦ καὶ γῆς καὶ τῶν ἐν τούτοις περιεχομένων φύσεων· λέγεται δὲ καὶ ἕτερος κόσμος ἡ τῶν ὅλων τάξις τε καὶ διακόσμησις· ὑπό θεῶν τε καὶ διὰ θεῶν φυλαττομένη. Die meisten Stellen der griechischen Schriftsteller über Kosmos finde ich gesammelt 1) in der Streitschrift von Richard Bentley gegen Charles Boyle (Opuscula philologica 1781 p. 347 und 445, Dissertation upon the Epistles of Phalaris 1817 p. 254) über die historische Existenz des Zaleucus, Gesetzgebers von Locri; 2) in Näkes vortrefflichen Sched. crit. 1812 p. 9—15 und 3) in Theoph. Schmidt ad Cleom. cycl. theor. met. I, 1 (p. IX, 1 und 99). Kosmos wurde in engerer Bedeutung auch in der Mehrzahl gebraucht: indem entweder jeder Stern (Weltkörper) so genannt wird, oder in dem unendlichen Weltraume viele einzelne Weltsysteme (Weltinseln) angenommen werden, deren jedes eine Sonne und einen Mond hat. Da jede Gruppe dann ein Kosmos wird, so ist das Weltall, τὸ πᾶν, ein höherer Begriff und von Kosmos verschieden. Für Erde wird das letzte Wort erst lange nach der Zeit der Ptolemäer gebraucht. Böckh hat Inschriften zum Lobe des Trajan und Hadrian bekannt gemacht, in denen κόσμος an die Stelle von οἰκουμένη tritt, ganz wie auch wir oft unter Welt die Erde allein verstehen. Die sonderbare, oben erwähnte Dreiteilung des Weltraumes in Olymp, Kosmos und Uranos bezieht sich auf die verschiedenen Regionen, welche den Herd des Weltalls, die pythagoreische Ἑστία τοῦ παντός, umgeben. Die innerste Region zwischen Mond und Erde, das Gebiet des Veränderlichen, wird in dem Bruchstücke Uranos genannt. Das mittlere Gebiet, das der unveränderlich wohlgeordnet kreisenden Planeten, heißt nach einer sehr parti-

sulären Weltansicht ausschließlich Kosmos. Die äußerste Region, eine feurige, ist der Olymp. „Wenn man," bemerkt der tiefe Forscher der Sprachverwandtschaften, Bopp, „κόσμος von der Sanskritwurzel śudh, purificari, ableitet, wie schon Pott gethan; so hat man in lautlicher Beziehung zu betrachten: daß das griechische κ (in κόσμος) aus dem palatalen ś, das Bopp durch ś und Pott durch ç ausdrücken, hervorgegangen ist: wie δέκα, decem, gotisch taihun, aus dem indischen daśan; 2) daß das indische dh regelmäßig dem griechischen θ entspricht: woraus das Verhältnis von κόσμος (für κόθμος) zur Sanskritwurzel śudh, wovon auch καθαρός, klar wird. Ein anderer indischer Ausdruck für Welt ist dschagat, was eigentlich das Gehende bedeutet, als Partizipium von dschagâmi, ich gehe (aus der Wurzel gâ)." In dem inneren Kreise des hellenischen Sprachzusammenhanges knüpft sich nach dem Etym. M. p. 532, 12 κόσμος zunächst an κάζω oder vielmehr καίνυμαι (wovon κεκασμένος oder κεκαδμένος) an. Hiermit verbindet Welcker auch den Namen Κάδμος, wie bei dem Hesychius κάδμος eine kretische Waffenrüstung bedeutet. — Die Römer haben, bei Einführung der philosophischen Kunstsprache der Griechen, ganz wie diese, das mit κόσμος (Frauenschmuck) ursprünglich gleichbedeutende Wort mundus zur Welt und zum Weltall umgestempelt. Ennius scheint zuerst diese Neuerung gewagt zu haben; er sagt nach einem Fragmente, das uns Macrobius in seinem Hader mit Virgil aufbewahrt hat: „Mundus coeli vastus constitit silentio", wie Cicero: „quem nos lucentem mundum vocamus". Die Sanskritwurzel mand, von der Pott das lateinische mundus ableitet, vereinigt beide Bedeutungen von glänzen und schmücken. Loka ist im Sanskrit Welt und Menschen, wie das französische monde, und stammt nach Bopp von lök, sehen und leuchten, her; auf ähnliche Weise bedeutet das slavische swjet Licht und Welt. Das letztgenannte Wort, dessen wir uns heute bedienen: althochdeutsch weralt, altsächsisch worold, angelsächsisch veruld; bezeichnet nach Jakob Grimm ursprünglich bloß „den Zeitbegriff, saeculum (Menschenalter), nicht den räumlichen mundus". Bei den Tuskern war der offene mundus ein umgekehrtes Gewölbe, das seine Kuppel nach unten, gegen die Unterwelt hin, kehrte und dem oberen Himmelsgewölbe nachgebildet war. Die Welt im engeren tellurischen Sinne erscheint im Gotischen als der vom Meer (marei, meri) umgürtete Erdkreis, als merigard, ein Meergarten.

[1] (S. 43.) Wahrscheinlich schöpfte Ennius nicht aus den Epicharmischen Stücken selbst, sondern aus Gedichten, die unter dem Namen des Epicharmus und im Sinne seines Systems geschrieben waren.

Naturgemälde.

Allgemeine Uebersicht der Erscheinungen.

Wenn der menschliche Geist sich erkühnt die Materie, d. h. die Welt physischer Erscheinungen zu beherrschen; wenn er bei denkender Betrachtung des Seienden die reiche Fülle des Naturlebens, das Walten der freien und der gebundenen Kräfte zu durchdringen strebt: so fühlt er sich zu einer Höhe gehoben, von der herab, bei weit hinschwindendem Horizonte, ihm das Einzelne gruppenweise verteilt, wie umflossen von leichtem Dufte erscheint. Dieser bildliche Ausdruck ist gewählt, um den Standpunkt zu bezeichnen, aus dem wir hier versuchen, das Universum zu betrachten und in seinen beiden Sphären, der himmlischen und der irdischen, anschaulich darzustellen. Das Gewagte eines solchen Unternehmens habe ich nicht verkannt. Unter allen Formen der Darstellung, denen diese Blätter gewidmet sind, ist der Entwurf eines allgemeinen Naturgemäldes um so schwieriger, als wir der Entfaltung gestaltenreicher Mannigfaltigkeit nicht unterliegen, und nur bei großen, in der Wirklichkeit oder in dem subjektiven Ideenkreise geschiedenen Massen verweilen sollen. Durch Trennung und Unterordnung der Erscheinungen, durch ahnungsvolles Eindringen in das Spiel dunkel waltender Mächte, durch eine Lebendigkeit des Ausdrucks, in dem die sinnliche Anschauung sich naturwahr spiegelt, können wir versuchen das All (τὸ πᾶν) zu umfassen und zu beschreiben, wie es die Würde des großartigen Wortes Kosmos: als Universum, als Weltordnung, als Schmuck des Geordneten, erheischt. Möge dann die unermeßliche Verschiedenartigkeit der Elemente, die in ein Naturbild sich zusammendrängen, dem harmonischen Eindruck von Ruhe und Einheit nicht schaden, welcher der letzte Zweck einer jeden litterarischen oder rein künstlerischen Komposition ist.

Wir beginnen mit den Tiefen des Weltraums und der Region der fernsten Nebelflecke: stufenweise herabsteigend durch die Sternschicht, der unser Sonnensystem angehört, zu dem luft- und meerumflossenen Erdsphäroid, seiner Gestaltung, Temperatur und magnetischen Spannung; zu der Lebensfülle, welche, vom Lichte angeregt, sich an seiner Oberfläche entfaltet. So umfaßt ein Weltgemälde in wenigen Zügen die ungemessenen Himmelsräume, wie die mikroskopischen kleinen Organismen des Tier- und Pflanzenreichs, welche unsere stehenden Gewässer und die verwitternde Rinde der Felsen bewohnen. Alles Wahrnehmbare, das ein strenges Studium der Natur nach jeglicher Richtung bis zur jetzigen Zeit erforscht hat, bildet das Material, nach welchem die Darstellung zu entwerfen ist; es enthält in sich das Zeugnis ihrer Wahrheit und Treue. Ein beschreibendes Naturgemälde, wie wir es in diesen Prolegomenen aufstellen, soll aber nicht bloß dem Einzelnen nachspüren; es bedarf nicht zu seiner Vollständigkeit der Aufzählung aller Lebensgestalten, aller Naturdinge und Naturprozesse. Der Tendenz endloser Zersplitterung des Erkannten und Gesammelten widerstrebend, soll der ordnende Denker trachten der Gefahr der empirischen Fülle zu entgehn. Ein ansehnlicher Teil der qualitativen Kräfte der Materie oder, um naturphilosophischer zu reden, ihrer qualitativen Kraftäußerungen ist gewiß noch unentdeckt. Das Auffinden der Einheit in der Totalität bleibt daher schon deshalb unvollständig. Neben der Freude an der errungenen Erkenntnis liegt, wie mit Wehmut gemischt, in dem aufstrebenden, von der Gegenwart unbefriedigten Geiste die Sehnsucht nach noch nicht aufgeschlossenen, unbekannten Regionen des Wissens. Eine solche Sehnsucht knüpft fester das Band, welches, nach alten, das Innerste der Gedankenwelt beherrschenden Gesetzen, alles Sinnliche an das Unsinnliche kettet; sie belebt den Verkehr zwischen dem, „was das Gemüt von der Welt erfaßt, und dem, was es aus seinen Tiefen zurückgibt".

Ist demnach die Natur (Inbegriff der Naturdinge und Naturerscheinungen), ihrem Umfang und Inhalte nach, ein Unendliches; so ist sie auch für die intellektuellen Anlagen der Menschheit ein nicht zu fassendes, und in allgemeiner ursachlicher Erkenntnis von dem Zusammenwirken aller Kräfte ein unauflösbares Problem. Ein solches Bekenntnis geziemt da, wo das Sein und Werden nur der unmittelbaren Forschung unterworfen bleibt, wo man den empirischen Weg

und eine strenge induktorische Methode nicht zu verlassen wagt. Wenn aber auch das ewige Streben, die Totalität zu umfassen, unbefriedigt bleibt, so lehrt uns dagegen die *Geschichte der Weltanschauung*, welche einem anderen Teile dieser Prolegomenen vorbehalten bleibt, wie im Lauf der Jahrhunderte die Menschheit zu einer *partiellen Einsicht* in die relative Abhängigkeit der Erscheinungen allmählich gelangt ist. Meine Pflicht ist es, das gleichzeitig Erkannte nach dem Maß und in den Schranken der Gegenwart übersichtlich zu schildern. Bei allem Beweglichen und Veränderlichen im Raume sind *mittlere Zahlenwerte* der letzte Zweck, ja der Ausdruck physischer Gesetze; sie zeigen uns das Stetige in dem Wechsel und in der Flucht der Erscheinungen; so ist z. B. der Fortschritt der neueren messenden und wägenden Physik vorzugsweise nach Erlangung und Berichtigung der mittleren Werte gewisser Größen bezeichnet: so treten wiederum, wie einst in der italischen Schule, doch in erweitertem Sinne, die einzigen in unserer Schrift übrig gebliebenen und weit verbreiteten hieroglyphischen Zeichen, die *Zahlen*, als Mächte des Kosmos auf.

Den ernsten Forscher erfreut die Einfachheit numerischer Verhältnisse, durch welche die Dimensionen der Himmelsräume, die Größe der Welttörper und ihre periodischen Störungen, die dreifachen Elemente des Erdmagnetismus, der mittlere Druck des Luftmeeres, und die Menge der Wärme bezeichnet werden, welche die Sonne in jedem Jahre und in jedem Teile des Jahres über die einzelnen Punkte der festen oder flüssigen Oberfläche unseres Planeten ergießt. Unbefriedigter bleibt der Naturdichter, unbefriedigt der Sinn der neugierigen Menge. Beiden erscheint heute die Wissenschaft wie verödet, da sie viele der Fragen mit Zweifel oder gar als unauflöslich zurückweist, die man ehemals beantworten zu können wähnte. In ihrer strengeren Form, in ihrem engeren Gewande ist sie der verführerischen Anmut beraubt, durch welche früher eine dogmatische und symbolisierende Physik die Vernunft zu täuschen, die Einbildungskraft zu beschäftigen wußte. Lange vor der Entdeckung der Neuen Welt glaubte man, von den kanarischen Inseln oder den Azoren aus, Länder im Westen zu sehen. Es waren Trugbilder: nicht durch eine ungewöhnliche Brechung der Lichtstrahlen, nur durch Sehnsucht nach der Ferne, nach dem Jenseitigen erzeugt. Solchen Reiz täuschender Luftgebilde bot die Naturphilosophie der Griechen, die Physik des

Mittelalters, und selbst die der späteren Jahrhunderte, in reichem Maße dar. An der Grenze des beschränkten Wissens, wie von einem hohen Inselufer aus, schweift gern der Blick in ferne Regionen. Der Glaube an das Ungewöhnliche und Wundervolle gibt bestimmte Umrisse jedem Erzeugnis idealer Schöpfung; und das Gebiet der Phantasie, ein Wunderland kosmologischer, geognostischer und magnetischer Träume, wird unaufhaltsam mit dem Gebiete der Wirklichkeit verschmolzen.

Natur, in der vielfachen Deutung des Wortes, bald als Totalität des Seienden und Werdenden, bald als innere, bewegende Kraft, bald als das geheimnisvolle Urbild aller Erscheinungen aufgefaßt; offenbart sich dem einfachen Sinn und Gefühle des Menschen vorzugsweise als etwas Irdisches, ihm näher Verwandtes. Erst in den Lebenskreisen der organischen Bildung erkennen wir recht eigentlich unsere Heimat. Wo der Erde Schoß ihre Blüten und Früchte entfaltet, wo er die zahllosen Geschlechter der Tiere nährt, da tritt das Bild der Natur lebendiger vor unsere Seele. Es ist zunächst auf das Tellurische beschränkt; der glanzvolle Sternenteppich, die weiten Himmelsräume gehören einem Weltgemälde an, in welchem die Größe der Massen, die Zahl zusammengedrängter Sonnen oder aufdämmernder Lichtnebel unsere Bewunderung und unser Staunen erregen; dem wir uns aber, bei scheinbarer Verödung, bei völligem Mangel an dem unmittelbaren Eindruck eines organischen Lebens, wie entfremdet fühlen. So sind denn auch nach den frühesten physikalischen Ansichten der Menschheit Himmel und Erde, räumlich ein Oben und Unten, voneinander getrennt geblieben. Sollte demnach ein Naturbild bloß den Bedürfnissen sinnlicher Anschauung entsprechen, so müßte es mit der Beschreibung des heimischen Bodens beginnen. Es schilderte zuerst den Erdkörper in seiner Größe und Form, in seiner, mit der Tiefe zunehmenden Dichtigkeit und Wärme, in seinen übereinander gelagerten, starren und flüssigen Schichten; es schilderte die Scheidung von Meer und Land, das Leben, das in beiden als zelliges Gewebe der Pflanzen und Tiere sich entwickelt; den wogenden, stromreichen Luftozean, von dessen Boden waldgekrönte Bergketten wie Klippen und Untiefen aufsteigen. Nach dieser Schilderung der rein tellurischen Verhältnisse erhöbe sich der Blick zu den Himmelsräumen; die Erde, der uns wohlbekannte Sitz organischer Gestaltungsprozesse, würde nun als Planet betrachtet. Er träte in die Reihe der Weltkörper,

die um einen der zahllosen, selbstleuchtenden Sterne kreisen. Diese Folge der Ideen bezeichnet den Weg der ersten sinnlichen Anschauungsweise: sie mahnt fast noch an die alte „meerumflossene Erdscheibe", welche den Himmel trug; sie geht von dem Standort der Wahrnehmung, von dem Bekannten und Nahen zum Unbekannten und Fernen über. Sie entspricht der in mathematischer Hinsicht zu empfehlenden Methode unserer astronomischen Lehrbücher, welche von den scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper zu den wirklichen übergeht.

In einem Werke aber, welches das bereits Erkannte, selbst das, was in dem dermaligen Zustande unseres Wissens für gewiß oder nach verschiedenen Abstufungen für wahrscheinlich gehalten wird, aufzählen; nicht die Beweise liefern soll, welche die erzielten Resultate begründen: ist ein anderer Ideengang vorzuziehen. Hier wird nicht mehr von dem subjektiven Standpunkte, von dem menschlichen Interesse ausgegangen. Das Irdische darf nur als ein Teil des Ganzen, als diesem untergeordnet erscheinen. Die Naturansicht soll allgemein, sie soll groß und frei; nicht durch Motive der Nähe, des gemütlicheren Anteils, der relativen Nützlichkeit beengt sein. Eine physische Weltbeschreibung, ein *Weltgemälde* beginnt daher nicht mit dem Tellurischen: sie beginnt mit dem, was die Himmelsräume erfüllt. Aber indem sich die Sphären der Anschauung räumlich verengen, vermehrt sich der individuelle Reichtum des Unterscheidbaren, die Fülle physischer Erscheinungen, die Kenntnis der qualitativen Heterogeneität der Stoffe. Aus den Regionen, in denen wir nur die Herrschaft der Gravitationsgesetze erkennen, steigen wir dann zu unserem Planeten, zu dem verwickelten Spiel der Kräfte im Erdleben herab. Die hier geschilderte naturbeschreibende Methode ist der, welche Resultate begründet, entgegengesetzt. Die eine zählt auf, was auf dem anderen Wege erwiesen worden ist.

Durch Organe nimmt der Mensch die Außenwelt in sich auf. Lichterscheinungen verkünden uns das Dasein der Materie in den fernsten Himmelsräumen. Das Auge ist das Organ der Weltanschauung. Die Erfindung des teleskopischen Sehens hat seit drittehalb Jahrhunderten den späteren Generationen eine Macht verliehen, deren Grenze noch nicht erreicht ist. Die erste und allgemeinste Betrachtung im Kosmos ist die des *Inhalts der Welträume*, die Betrachtung der Verteilung der Materie: des *Geschaffenen*, wie man gewöhnlich

das Seiende und Werdende zu nennen pflegt. Wir sehen die Materie teils zu rotierenden und kreisenden Weltkörpern von sehr verschiedener Dichtigkeit und Größe geballt, teils selbstleuchtend dunstförmig als Lichtnebel zerstreut. Betrachten wir zuerst die Nebelflecke, den in bestimmte Formen geschiedenen Weltdunst, so scheint derselbe in steter Veränderung seines Aggregatzustandes begriffen. Er tritt auf, scheinbar in kleinen Dimensionen: als runde oder elliptische Scheibe, einfach oder gepaart, bisweilen durch einen Lichtfaden verbunden; bei größerem Durchmesser ist er vielgestaltet, langgestreckt, oder in mehrere Zweige auslaufend, als Fächer oder scharf begrenzter Ring mit dunklem Inneren. Man glaubt diese Nebelflecke mannigfaltigen, fortschreitenden Gestaltungsprozessen unterworfen, je nachdem sich in ihnen der Weltdunst um einen oder um mehrere Kerne nach Attraktionsgesetzen verdichtet. Fast drittehalbtausend solcher unauflöslichen Nebelflecke, in denen die mächtigsten Fernröhre keine Sterne unterscheiden,[1] sind bereits aufgezählt und in ihrer örtlichen Lage bestimmt worden.

Die genetische Entwickelung, die perpetuierliche Fortbildung, in welcher dieser Teil der Himmelsräume begriffen scheint, hat denkende Beobachter auf die Analogie organischer Erscheinungen geleitet. Wie wir in unseren Wäldern dieselbe Baumart gleichzeitig in allen Stufen des Wachstums sehen, und aus diesem Anblick, aus dieser Koexistenz den Eindruck fortschreitender Lebensentwickelung schöpfen, so erkennen wir auch in dem großen Weltgarten die verschiedensten Stadien allmählicher Sternbildung. Der Prozeß der Verdichtung, den Anaximenes und die ganze ionische Schule lehrte, scheint hier gleichsam unter unseren Augen vorzugehen. Dieser Gegenstand des Forschens und Ahnens ist vorzugsweise anziehend für die Einbildungskraft. Was in den Kreisen des Lebens und aller inneren treibenden Kräfte des Weltalls so unaussprechlich fesselt, ist minder noch die Erkenntnis des Seins als die des Werdens: sei dies Werden auch nur (denn vom eigentlichen Schaffen als einer Thathandlung, vom Entstehen, als „Anfang des Seins nach dem Nichtsein", haben wir weder Begriff noch Erfahrung) ein neuer Zustand des schon materiell Vorhandenen.

Nicht bloß durch Vergleichung der verschiedenen Entwickelungsmomente, in denen sich die gegen ihr Inneres mehr oder minder verdichteten Nebelflecke zeigen: auch durch unmittelbare aufeinander folgende Beobachtungen hat man geglaubt, zuerst

in der Andromeda, später im Schiffe Argo und in dem isolierten faserigen Teile des Orionnebels wirkliche Gestaltveränderungen zu bemerken. Ungleichheit der Lichtstärke in den angewandten Instrumenten, verschiedene Zustände unseres Luftkreises, und andere optische Verhältnisse machen freilich einen Teil der Resultate als wahrhaft historische Ergebnisse zweifelhaft.[2]

Mit den eigentlichen vielgestalteten Nebelflecken, deren einzelne Teile einen ungleichen Glanz haben und die mit abnehmendem Umfang sich vielleicht zuletzt in Sterne konzentrieren; mit sogenannten planetarischen Nebeln, deren runde, etwas eiförmige Scheiben in allen Teilen eine völlig gleiche milde Intensität des Lichtes zeigen: sind nicht die Nebelsterne zu verwechseln. Hier projizieren sich nicht etwa zufällig Sterne auf fernem nebligem Grunde; nein, die dunstförmige Materie, der Lichtnebel bildet eine Masse mit dem von ihm umgebenen Gestirn. Bei der oft sehr beträchtlichen Größe ihres scheinbaren Durchmessers und der Ferne, in der sie aufglimmen, müssen beide, die planetarischen Nebelflecke sowohl als die Nebelsterne ungeheure Dimensionen haben.[3] Neue und scharfsinnige Betrachtungen über den sehr verschiedenen Einfluß der Entfernung auf die Intensität des Lichtes einer Scheibe von meßbarem Durchmesser oder eines einzelnen selbstleuchtenden Punktes machen es nicht unwahrscheinlich, daß die planetarischen Nebelflecke sehr ferne Nebelsterne sind, in denen der Unterschied zwischen dem Centralsterne und der ihn umgebenden Dunsthülle selbst für unser teleskopisches Sehen verschwunden ist.

Die prachtvollen Zonen des südlichen Himmels zwischen den Parallelkreisen von 50° und 80° sind besonders reich an Nebelsternen und zusammengedrängten, nicht aufzulösenden Nebelflecken. Von den zwei Magelhaensischen Wolken, die um den sternenleeren, verödeten Südpol kreisen, erscheint besonders die größere, nach den neuesten Untersuchungen[4], „als ein wundersames Gemenge von Sternschwärmen, von teils kugelförmigen Haufen von Nebelsternen verschiedener Größe, und von unauflöslichen Nebelflecken, die, eine allgemeine Helligkeit des Gesichtsfeldes hervorbringend, wie den Hintergrund des Bildes darstellen.“ Der Anblick dieser Wolken, des lichtstrahlenden Schiffes Argo, der Milchstraße zwischen dem Skorpion, dem Kentaur und dem Kreuze, ja die landschaftliche Anmut des ganzen südlichen Himmels haben mir einen unvergeßlichen Eindruck zurückgelassen. Das Zodiakallicht, das

pyramidenförmig aufsteigt (ebenfalls in seinem milden Glanze der ewige Schmuck der Tropennächte), ist entweder ein großer zwischen der Erde und Mars rotierender Nebelring oder, doch mit minderer Wahrscheinlichkeit, die äußerste Schicht der Sonnenatmosphäre selbst.[2] Außer diesen Lichtwolken und Nebeln von bestimmter Form verkündigen noch genaue und immer miteinander übereinstimmende Beobachtungen die Existenz und die allgemeine Verbreitung einer wahrscheinlich nicht selbst leuchtenden, unendlich fein zerteilten Materie, welche, Widerstand leistend, in dem Enckeschen und vielleicht auch in dem Bielaschen Kometen durch Verminderung der Exzentrizität und Verkürzung der Umlaufszeit sich offenbart. Diese hemmende ätherische und kosmische Materie kann als bewegt, trotz ihrer ursprünglichen Tenuität als gravitierend, in der Nähe des großen Sonnenkörpers verdichtet, ja seit Myriaden von Jahren, durch ausströmenden Dunst der Kometenschweife, als vermehrt gedacht werden.

Gehen wir nun von der dunstartigen Materie des unermeßlichen Himmelsraumes (οὐρανοῦ χῶρος[1]), wie sie bald formlos zerstreut und unbegrenzt, ein kosmischer Weltäther, bald in Nebelflecke verdichtet ist, zu dem geballten, starren Teile des Universums über; so nähern wir uns einer Klasse von Erscheinungen, die ausschließlich mit dem Namen der Gestirne oder der Sternenwelt bezeichnet wird. Auch hier sind die Grade der Starrheit oder Dichtigkeit der geballten Materie verschieden. Unser eigenes Sonnensystem bietet alle Stufen mittlerer Dichtigkeit (des Verhältnisses des Volums zur Masse) dar. Wenn man die Planeten von Merkur bis Mars mit der Sonne und mit Jupiter, und dann diese letzteren zwei Gestirne mit dem noch undichteren Saturn vergleicht; so gelangt man, in absteigender Stufenleiter, um an irdische Stoffe zu erinnern, von der Dichtigkeit des Antimonmetalles zu der des Honigs, des Wassers und des Tannenholzes. In den Kometen, die den zahlreichsten Teil der individualisierten Naturformen unseres Sonnensystems ausmachen, läßt selbst noch der konzentriertere Teil, welchen wir den Kopf oder Kern zu nennen pflegen, das Sternenlicht ungebrochen durch. Die Masse der Kometen erreicht vielleicht nie den fünftausendsten Teil der Erdmasse. So verschiedenartig zeigen sich die Gestaltungsprozesse in dem ursprünglichen und vielleicht fortschreitenden Ballen der Materie. Von dem Allgemeinsten ausgehend, war es vorzugsweise nötig,

hier diese Verschiedenartigkeit zu bezeichnen: nicht als ein Mögliches, sondern als ein Wirkliches, im Weltraume Gegebenes.

Was Wright, Kant und Lambert, nach Vernunftschlüssen von der allgemeinen Anordnung des Weltgebäudes, von der räumlichen Verteilung der Materie geahnet, ist durch Sir William Herschel auf dem sichereren Wege der Beobachtung und der Messung ergründet worden. Der große, begeisterte und doch so vorsichtig forschende Mann hat zuerst das Senkblei in die Tiefen des Himmels geworfen, um die Grenzen und die Form der abgesonderten Sternschicht zu bestimmen, die wir bewohnen; er hat zuerst gewagt, die Verhältnisse der Lage und des Abstandes ferner Nebelflecke zu unserer Sternschicht aufzuklären. Wilhelm Herschel hat (so sagt die schöne Grabschrift zu Upton) die Schranken des Himmels durchbrochen (caelorum perrupit claustra); wie Kolumbus, ist er vorgedrungen in ein unbekanntes Weltenmeer, Küsten und Inselgruppen erblickend, deren letzte wahre Ortsbestimmung kommenden Jahrhunderten vorbehalten bleibt.

Betrachtungen über die verschiedene Lichtstärke der Sterne und über ihre relative Zahl, d. i. über die numerische Seltenheit oder Anhäufung in gleich großen Feldern der Fernröhre, haben auf die Annahme ungleicher Entfernung und räumlicher Verteilung in den durch sie gebildeten Schichten geleitet. Solche Annahmen, insofern sie zu einer Begrenzung der einzelnen Teile des Weltbaus führen sollen, können allerdings nicht denselben Grad mathematischer Gewißheit darbieten, der in allem erreicht wird, was unser Sonnensystem, was das Kreisen der Doppelsterne mit ungleicher Geschwindigkeit um einen gemeinsamen Schwerpunkt, was die scheinbare oder wirkliche Bewegung aller Gestirne betrifft. Man würde geneigt sein, die physische Weltbeschreibung, wenn sie von den fernsten Nebelflecken anhebt, mit dem mythischen Teile der Weltgeschichte zu vergleichen. Beide Disziplinen beginnen im Dämmerlichte der Vorzeit, wie des unerreichbaren Raumes; und wo die Wirklichkeit zu entschwinden droht, ist die Phantasie zwiefach angeregt, aus eigener Fülle zu schöpfen und den unbestimmten, wechselnden Gestalten Umriß und Dauer zu geben.

Vergleicht man den Weltraum mit einem der inselreichen Meere unseres Planeten, so kann man sich die Materie gruppenweise verteilt denken: bald in unauflösliche Nebelflecke von verschiedenem Alter, um einen oder um mehrere Kerne verdichtet; bald schon in Sternhaufen oder isolierte Sporaden

geballt. Unser Sternhaufen: die Weltinsel, zu der wir gehören, bildet eine linsenförmig abgeplattete, überall abgesonderte Schicht, deren große Achse zu sieben- bis achthundert, die kleine zu hundertundfünfzig Siriusweiten geschätzt wird. In der Voraussetzung, daß die Parallaxe des Sirius[7] nicht größer ist als die genau bestimmte des glänzendsten Sternes im Kentaur (0″,9128), durchläuft das Licht eine Siriusweite in drei Jahren: während aus Besſels vortrefflicher früheren Arbeit[8] über die Parallaxe des merkwürdigen 61. Sternes im Schwan (0″,3483), dessen beträchtliche eigene Bewegung auf eine große Nähe hätte schließen lassen, folgt, daß von diesem Sterne das Licht zu uns erst in 9¼ Jahren gelangt. Unsere Sternschicht, eine Scheibe von geringer Dicke, ist zu einem Drittel in zwei Arme geteilt; man glaubt, wir stehen dieser Teilung nahe, ja der Gegend des Sirius näher als dem Sternbild des Adlers: fast in der Mitte der körperlichen Ausdehnung der Schicht, ihrer Dicke oder kleinen Achse nach.

Dieser Ort unseres Sonnensystems und die Gestaltung der ganzen Linse sind aus Sterneichungen, d. h. aus jenen Sternzählungen geschlossen, deren ich oben bereits erwähnte und die sich auf gleich große Abteilungen des teleskopischen Gesichtsfeldes beziehen. Die zu- und abnehmende Sternmenge mißt die Tiefe der Schicht nach verschiedenen Richtungen hin. So geben die Eichungen die Länge der Visionsradien: gleichsam die jedesmalige Länge des ausgeworfenen Senkbleies, wenn dasselbe den Boden der Sternschicht oder richtiger gesprochen, da hier kein Oben und Unten ist, die äußere Begrenzung erreichen soll. Das Auge sieht in der Richtung der Längenachse, da wo die meisten Sterne hintereinander liegen, die letzteren dicht zusammengedrängt, wie durch einen milchfarbenen Schimmer (Lichtdunst) vereinigt; und an dem scheinbaren Himmelsgewölbe, in einem dasselbe ganz umziehenden Gürtel, perspektivisch dargestellt. Der schmale und in Zweige geteilte Gürtel, von prachtvollem, doch ungleichem und durch dunklere Stellen unterbrochenem Lichtglanze, weicht an der hohlen Sphäre nur um wenige Grade von einem größten Kreise ab, weil wir uns nahe bei der Mitte des ganzen Sternhaufens und fast in der Ebene selbst der Milchstraße befinden. Stünde unser Planetensystem fern außerhalb des Sternhaufens, so würde die Milchstraße dem bewaffneten Auge als ein Ring und, in noch größerer Ferne, als ein auflöslicher, scheibenförmiger Nebelfleck erscheinen.

Unter den vielen selbstleuchtenden, ihren Ort verändernden Sonnen (irrtümlich sogenannten Fixsternen), welche unsere Weltinsel bilden, ist unsere Sonne die einzige, die wir als Centralkörper durch wirkliche Beobachtung in dem Verhältnis zu der von ihr unmittelbar abhängigen, um sie kreisenden geballten Materie (in mannigfacher Form von Planeten, Kometen und aerolithenartigen Asteroiden) kennen. In den vielfachen Sternen (Doppelsonnen oder Doppelsternen), soweit sie bisher ergründet sind, herrscht nicht dieselbe planetarische Abhängigkeit der relativen Bewegung und Erleuchtung, welche unser Sonnensystem charakterisiert. Zwei oder mehrere selbstleuchtende Gestirne, deren Planeten und Monde (falls sie vorhanden sind) unserer jetzigen teleskopischen Sehkraft entgehen, kreisen allerdings auch hier um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt; aber dieser Schwerpunkt fällt in einen vielleicht mit ungeballter Materie (Weltdunst) ausgefüllten Raum, während derselbe bei unserer Sonne oft in der innersten Begrenzung eines sichtbaren Centralkörpers enthalten ist. Wenn man Sonne und Erde oder Erde und Mond als Doppelsterne, unser ganzes planetarisches Sonnensystem als eine vielfache Sterngruppe betrachtet, so erstreckt sich die Analogie, welche eine solche Benennung hervorruft, nur auf die, Attraktionssystemen verschiedener Ordnung zukommenden, von den Lichtprozessen und der Art der Erleuchtung ganz unabhängigen Bewegungen.

Bei dieser Verallgemeinerung kosmischer Ansichten, welche dem Entwurf eines Natur- oder Weltgemäldes zukommt, kann das Sonnensystem, zu dem die Erde gehört, in zweifacher Beziehung betrachtet werden: zunächst in Beziehung auf die verschiedenen Klassen individualisierter geballter Materie, auf die Größe, die Gestaltung, die Dichtigkeit und den Abstand der Weltkörper desselben Systems; dann in Beziehung auf andere Teile unseres Sternhaufens, auf die Ortsveränderung der Sonne innerhalb desselben.

Das Sonnensystem, d. h. die um die Sonne kreisende, sehr verschiedentlich geformte Materie, besteht nach unserer jetzigen Kenntnis[9] aus elf Hauptplaneten, achtzehn Monden oder Nebenplaneten, und Myriaden von Kometen, deren drei (planetarische) das enge Gebiet der Hauptplaneten nicht verlassen. Mit nicht geringer Wahrscheinlichkeit dürfen wir auch dem Gebiete unserer Sonne, der unmittelbaren Sphäre ihrer Centralkraft, zuzählen: erstens einen

rotierenden Ring dunstartiger Materie, vielleicht zwischen der Venus- und Marsbahn gelegen, gewiß die Erdbahn[10] überschreitend und uns in Pyramidalform als Zodiakallicht sichtbar; zweitens eine Schar von sehr kleinen Asteroiden, deren Bahnen unsere Erdbahn schneiden oder ihr sehr nahe kommen, und die Erscheinungen von Aerolithen und fallenden Sternschnuppen darbieten. Umfaßt man die Komplikation von Gestaltungen, die in so verschiedenen, mehr oder weniger exzentrischen Bahnen um die Sonne kreisen; ist man nicht geneigt, mit dem unsterblichen Verfasser der Mécanique céleste die größere Zahl der Kometen für Nebelsterne zu halten, die von einem Centralsysteme zum anderen schweifen; so muß man bekennen, daß das vorzugsweise so genannte Planetensystem, d. h. die Gruppe der Weltkörper, welche in wenig exzentrischen Bahnen samt ihrem Mondgefolge um die Sonne kreisen, nicht der Masse, aber der Zahl der Individuen nach, einen kleinen Teil des ganzen Systems ausmacht.

Die teleskopischen Planeten: Vesta, Juno, Ceres und Pallas, mit ihren unter sich verschlungenen, stark geneigten und mehr exzentrischen Bahnen, hat man versucht als eine scheidende Zone räumlicher Abteilungen in unserem Planetensysteme, gleichsam als eine mittlere Gruppe zu betrachten. Nach dieser Ansicht bietet die innere Planetengruppe (Merkur, Venus, Erde und Mars) in Vergleich mit der äußeren (Jupiter, Saturn und Uranus) mehrere auffallende Kontraste dar. Die inneren, sonnennäheren Planeten sind von mäßiger Größe, dichter, ziemlich gleich und langsam rotierend (in fast 24stündiger Umdrehungszeit), minder abgeplattet, und bis auf einen gänzlich mondlos. Die äußeren, sonnenfernen Planeten sind mächtig größer, fünfmal undichter, mehr als zweimal schneller in der Umdrehungszeit um ihre Achse, stärker abgeplattet, und mondreicher im Verhältnis von 17 zu 1, wenn dem Uranus wirklich sechs Satelliten zukommen.

Diese allgemeinen Betrachtungen über gewisse charakteristische Eigenschaften ganzer Gruppen lassen sich aber nicht mit gleichem Rechte auf die einzelnen Planeten jeglicher Gruppe anwenden; nicht auf die Verhältnisse des Abstandes von dem Centralkörper zu der absoluten Größe, zu der Dichtigkeit, zu der Umdrehungszeit, zu der Exzentrizität, zu der Neigung der Bahnen und Achsen kreisender Weltkörper. Wir kennen bisher keine innere Notwendigkeit, kein mechanisches Naturgesetz, welches (wie das schöne Gesetz, das die Quadrate

der Umlaufszeiten an die Würfel der großen Achse bindet) die eben genannten sechs Elemente der Planetenkörper und der Form ihrer Bahnen voneinander oder von den mittleren Entfernungen abhängig machte. Der sonnenfernere Mars ist kleiner als die Erde und Venus, ja unter allen längstbekannten größeren Planeten dem sonnennahen Merkur in dem Durchmesser am nächsten; Saturn ist kleiner als Jupiter und doch viel größer als Uranus. Die Zone der, im Volum so unbedeutenden, teleskopischen Planeten liegt in einer Abstandsreihe, die von der Sonne anhebt, unmittelbar vor Jupiter, dem mächtigsten aller planetarischen Weltkörper; und doch haben mehrere dieser kleinen Asteroiden, deren Scheiben wenig meßbar sind, kaum die Hälfte mehr Oberfläche als Frankreich, Madagaskar oder Borneo. So auffallend auch die äußerst geringe Dichtigkeit aller der kolossalen Planeten ist, welche der Sonne am fernsten liegen, so läßt sich auch hier keine regelmäßige Folge erkennen.[11] Uranus scheint wieder dichter als Saturn zu sein,[12] selbst wenn man Lamonts kleinere Masse $^1/_{24605}$ annimmt; und trotz der unbeträchtlichen Dichtigkeitsverschiedenheit der innersten Planetengruppe finden wir doch, zu beiden Seiten der Erde, Venus und Mars undichter als sie selbst. Die Rotationszeit nimmt im ganzen freilich in der Sonnenferne ab; doch ist sie im Mars größer als bei der Erde, im Saturn größer als im Jupiter. Die stärkste Exzentrizität unter allen Planeten haben die elliptischen Bahnen der Juno, der Pallas und des Merkur; die kleinste Venus und die Erde, zwei unmittelbar aufeinander folgende Planeten. Merkur und Venus bieten demnach dieselben Kontraste dar, als man in den vier, in ihren Bahnen eng verschlungenen Asteroiden bemerkt. Die unter sich sehr gleichen Exzentrizitäten der Juno und Pallas sind jede dreimal stärker als die der Ceres und Vesta. Ebenso ist es mit der Neigung der Planetenbahnen gegen die Projektionsebene der Ekliptik und mit der Stellung der Umdrehungsachsen auf ihren Bahnen: einer Stellung, von welcher mehr noch als von der Exzentrizität die Verhältnisse des Klimas, der Jahreszeiten und Tageslängen abhangen. Die Planeten, welche die gedehnteste elliptische Bahn zeigen: Juno, Pallas und Merkur, haben auch, aber nicht in demselben Verhältnis, die stärksten Neigungen der Bahnen gegen die Ekliptik. Die der Pallas ist kometenartig, fast 26mal größer als die Neigung des Jupiter, während daß die kleine Vesta, welche der Pallas so nahe ist, den Neigungswinkel der

Jupitersbahn kaum sechsmal übertrifft. Die Achsenstellungen der wenigen (4 bis 5) Planeten, deren Rotationsebene wir mit einiger Gewißheit kennen, bieten ebenfalls keine regelmäßige Reihenfolge dar. Nach der Lage der Uranustrabanten zu urteilen, deren zwei (der zweite und vierte) in den neuesten Zeiten mit Sicherheit wieder gesehen worden sind, ist die Achse des äußersten aller Planeten[13] vielleicht kaum 11° gegen seine Bahn geneigt; und Saturn befindet sich mitten zwischen Jupiter, dessen Rotationsachse fast senkrecht steht, und dem Uranus, in welchem die Achse fast mit der Bahn zusammenfällt.

Die Welt der Gestaltungen wird in dieser Aufzählung räumlicher Verhältnisse geschildert als etwas Thatsächliches, als ein Daseiendes in der Natur: nicht als Gegenstand intellektueller Anschauung, innerer, ursachlich ergründeter Verkettung. Das Planetensystem in seinen Verhältnissen von absoluter Größe und relativer Achsenstellung, von Dichtigkeit, Rotationszeit und verschiedenen Graden der Exzentrizität der Bahnen hat für uns nicht mehr Naturnotwendiges als das Maß der Verteilung von Wasser und Land auf unserem Erdkörper, als der Umriß der Kontinente oder die Höhe der Bergketten. Kein allgemeines Gesetz ist in dieser Hinsicht in den Himmelsräumen oder in den Unebenheiten der Erdrinde aufzufinden. Es sind *Thatsachen* der Natur, hervorgegangen aus dem Konflikt vielfacher, einst unter unbekannten Bedingungen wirkender Kräfte. *Zufällig* aber erscheint dem Menschen in der Planetenbildung, was er nicht genetisch zu erklären vermag. Haben sich die Planeten aus einzelnen um die Sonne kreisenden Ringen dunstförmiger Stoffe gebildet, so können die verschiedene Dicke, die ungleichförmige Dichtigkeit, die Temperatur und die elektromagnetische Spannung dieser Ringe zu den verschiedensten Gestaltungen der geballten Materie, wie das Maß der Wurfgeschwindigkeit und kleine Abänderungen in der Richtung des Wurfes zu den mannigfaltigsten Formen und Neigungen der elliptischen Bahnen Anlaß gegeben haben. Massenanziehungen und Gravitationsgesetze haben gewiß hier, wie in den geognostischen Verhältnissen der Kontinentalerhebungen, gewirkt; aber aus der gegenwärtigen Form der Dinge ist nicht auf die ganze Reihe der Zustände zu schließen, welche sie bis zu ihrer Entstehung durchlaufen haben. Selbst das sogenannte Gesetz der Abstände der Planeten von der Sonne, die Progression, aus deren fehlendem Gliede schon Kepler die Existenz eines die Lücke

ausfüllenden Planeten zwischen Mars und Jupiter ahnete, ist als numerisch ungenau für die Distanzen zwischen Merkur, Venus und Erde, und, wegen des supponierten ersten Gliedes, als gegen die Begriffe einer Reihe streitend befunden worden.

Die elf bisher entdeckten, um unsere Sonne kreisenden Hauptplaneten finden sich gewiß von 14, wahrscheinlich von 18 Nebenplaneten (Monden, Satelliten) umgeben. Die Hauptplaneten sind also wiederum Centralkörper für untergeordnete Systeme. Wir erkennen hier in dem Weltbau gleichsam denselben Gestaltungsprozeß, der uns so oft die Entfaltung des organischen Lebens, bei vielfach zusammengesetzten Tier- und Pflanzengruppen, in der typischen Formwiederholung *untergeordneter Sphären* zeigt. Die Nebenplaneten oder Monde werden häufiger in der äußeren Region des Planetensystems, jenseits der in sich verschlungenen Bahnen der sogenannten kleinen Planeten. Diesseits sind alle Hauptplaneten mondlos, die einzige Erde abgerechnet, deren Satellit verhältnismäßig sehr groß ist, da sein Durchmesser den vierten Teil des Erddurchmessers ausmacht, während daß der größte aller bekannten Monde, der sechste der Saturnstrabanten, vielleicht $^1/_{17}$, und der größte aller Jupiterstrabanten, der dritte, dem Durchmesser nach, nur $^1/_{26}$ ihres Hauptplaneten oder Centralkörpers sind. Die mondreichsten Planeten findet man unter den fernsten[14]: welche zugleich die größeren, die sehr undichten und sehr abgeplatteten sind. Nach den neuesten Messungen von Mädler hat Uranus die stärkste aller planetarischen Abplattungen, $\frac{1}{9,92}$[15]. Bei der Erde und ihrem Monde, deren mittlere Entfernung voneinander 51 800 geographische Meilen (384 500 km) beträgt, ist die Differenz[16] der Massen und der Durchmesser beider Weltkörper weit geringer, als wir sie sonst bei Haupt- und Nebenplaneten und Körpern verschiedener Ordnung im Sonnensysteme anzutreffen gewohnt sind. Während die Dichtigkeit des Erdtrabanten $^3/_5$ geringer als die der Erde selbst ist,[17] scheint, falls man den Bestimmungen der Größen und Massen hinlänglich trauen darf, unter den Monden, welche den Jupiter begleiten, der zweite dichter als der Hauptplanet zu sein.

Von den 14 Monden, deren Verhältnisse mit einiger Gewißheit ergründet worden sind, bietet das System der sieben Saturnstrabanten die Beispiele des beträchtlichsten Kontrastes in der absoluten Größe und in den Abständen von dem Hauptplaneten dar. Der sechste Saturnssatellit ist wahrscheinlich nicht viel kleiner als Mars, während unser Erdmond genau

nur den halben Durchmesser dieses Planeten hat. Am nächsten steht, dem Volum nach, den beiden äußersten (dem sechsten und siebenten) Saturnstrabanten der dritte und hellste unter den Jupitersmonden. Dagegen gehören die durch das 40füßige Teleskop im Jahr 1789 von Wilhelm Herschel entdeckten, von John Herschel am Vorgebirge der guten Hoffnung, von Vico zu Rom und von Lamont zu München wiedergesehenen zwei innersten Saturnstrabanten, vielleicht neben den so fernen Uranusmonden, zu den kleinsten und nur unter besonders günstigen Umständen in den mächtigsten Fernröhren sichtbaren Weltkörpern unseres Sonnensystems. Alle Bestimmungen der wahren Durchmesser der Satelliten, ihre Herleitung aus der Messung der scheinbaren Größe kleiner Scheiben sind vielen optischen Schwierigkeiten unterworfen; und die rechnende Astronomie, welche die Bewegungen der Himmelskörper, wie sie sich uns von unserem irdischen Standpunkte aus darstellen werden, numerisch vorherbestimmt, ist allein um Bewegung und Masse, wenig aber um die Volume bekümmert.

Der absolute Abstand eines Mondes von seinem Hauptplaneten ist am größten in dem äußersten oder siebenten Saturnstrabanten. Seine Entfernung vom Saturn beträgt über eine halbe Million geographischer Meilen (3 539 000 km), zehnmal so viel als die Entfernung unseres Mondes von der Erde. Bei dem Jupiter ist der Abstand des äußersten (vierten) Trabanten nur 260 000 Meilen (1 789 000 km); bei dem Uranus aber, falls der sechste Trabant wirklich vorhanden ist,[18] erreicht er 340 000 Meilen (2 522 950 km). Vergleicht man in jedem dieser untergeordneten Systeme das Volum des Hauptplaneten mit der Entfernung der äußersten Bahn, in welcher sich ein Mond gebildet hat, so erscheinen ganz andere numerische Verhältnisse. In Halbmessern des Hauptplaneten ausgedrückt, sind die Distanzen der letzten Trabanten bei Uranus, Saturn und Jupiter wie 91, 64 und 27. Der äußerste Saturnstrabant erscheint dann nur um ein Geringes ($^1/_{15}$) vom Centrum des Saturn entfernter als unser Mond von der Erde. Der einem Hauptplaneten nächste Trabant ist zweifelsohne der erste oder innerste des Saturn, welcher dazu noch das einzige Beispiel eines Umlaufes von weniger als 24 Stunden darbietet. Seine Entfernung vom Centrum des Hauptplaneten beträgt nach Mädler und Wilhelm Beer, in Halbmessern des Saturn ausgedrückt, 2,47, in Meilen 20 022 (148 570 km). Der Abstand von der Oberfläche des Hauptplaneten kann daher nur 11 870, der Abstand von dem

äußersten Rande des Ringes nur 1229 Meilen (88080 und 16540 km) betragen. Ein Reisender versinnlicht sich gern einen so kleinen Raum, indem er an den Ausspruch eines kühnen Seemannes, Kapitän Beechey, erinnert, der erzählt, daß er in drei Jahren 18200 geographische Meilen (135000 km) zurückgelegt habe. Wenn man nicht die absoluten Entfernungen, sondern die Halbmesser der Hauptplaneten zum Maße anwendet, so findet man, daß selbst der erste oder nächste Jupitersmond, welcher dem Centrum des Planeten 6500 Meilen (48230 km) ferner als der Mond der Erde liegt, von dem Centrum seines Hauptplaneten nur um sechs Jupitershalbmesser absteht, während der Erdmond volle 60 1/3 Erdhalbmesser von uns entfernt ist.

In den untergeordneten Systemen der Trabanten oder Nebenplaneten spiegeln sich übrigens, ihrer Beziehung nach, zum Hauptplaneten und untereinander, alle Gravitationsgesetze ab, welche in dem, die Sonne umkreisenden Hauptplaneten walten. Die 12 Monde des Saturn, Jupiter und der Erde bewegen sich alle, wie die Hauptplaneten, von Westen nach Osten, und in elliptischen Bahnen, die überaus wenig von Kreisbahnen abweichen. Nur der Erdmond und wahrscheinlich der erste und innerste Saturnstrabant (0,068) haben eine Exzentrizität, welche größer ist als die des Jupiter; bei dem von Bessel so genau beobachteten sechsten Saturnstrabanten (0,029) überwiegt sie die Exzentrizität der Erde. An der äußersten Grenze des Planetensystems, wo die Centralkraft der Sonne in 19 Erdweiten schon beträchtlich gemindert ist, zeigt das, freilich noch wenig ergründete System der Uranusmonde die auffallendsten Kontraste. Statt daß alle anderen Monden, wie die Planetenbahnen, wenig gegen die Ekliptik geneigt sind und sich, die Saturnsringe (gleichsam verschmolzene oder ungeteilte Trabanten) nicht abgerechnet, von Westen nach Osten bewegen, stehen die Uranusmonde fast senkrecht auf der Ekliptik, bewegen sich aber, wie Sir John Herschel durch vieljährige Beobachtungen bestätigt hat, rückläufig von Osten nach Westen. Wenn Haupt- und Nebenplaneten sich durch Zusammenziehung der alten Sonnen und Planetenatmosphären aus rotierenden Dunstringen gebildet haben, so muß in den Dunstringen, die um den Uranus kreisten, es sonderbare, uns unbekannte Verhältnisse der Retardation oder des Gegenstoßes gegeben haben, um genetisch eine solche der Rotation des Centralkörpers entgegengesetzte Richtung der Umlaufsbewegung in dem zweiten und vierten Uranustrabanten hervorzurufen.

Bei allen Nebenplaneten ist höchst wahrscheinlich die Rotationsperiode der Periode des Umlaufs um den Hauptplaneten gleich, so daß sie alle immerdar dem letzteren dieselbe Seite zuwenden. Ungleichheiten als Folge kleiner Veränderungen im Umlaufe verursachen indes Schwankungen von 6 bis 8 Grad (eine scheinbare Libration) sowohl in Länge als in Breite. So sehen wir z. B. nach und nach vom Erdmonde mehr als die Hälfte seiner Oberfläche: bald etwas mehr vom östlichen und nördlichen, bald etwas mehr vom westlichen oder südlichen Mondrande. Durch die Libration werden uns sichtbarer das Ringgebirge Malapert, welches bisweilen den Südpol des Mondes bedeckt, die arktische Landschaft um den Kraterberg Gioja, wie die große graue Ebene nahe dem Endymion, welche in Flächeninhalt das Mare Vaporum übertrifft. Ueberhaupt bleiben $^3/_7$ der Oberfläche gänzlich und, wenn nicht neue, unerwartet störende Mächte eindringen, auf immer unseren Blicken entzogen. Diese kosmischen Verhältnisse mahnen unwillkürlich an fast gleiche in der intellektuellen Welt, an die Ergebnisse des Denkens, wo in dem Gebiete der tiefen Forschung über die dunkle Werkstätte der Natur und die schaffende Urkraft es ebenfalls abgewandte, unerreichbar scheinende Regionen gibt, von denen sich seit Jahrhunderten dem Menschengeschlechte, von Zeit zu Zeit, bald in wahrem, bald in trügerischem Lichte erglimmend, ein schmaler Saum gezeigt hat.

Wir haben bisher betrachtet, als Produkte einer Wurfkraft und durch enge Bande der gegenseitigen Anziehung aneinander gefesselt, die Hauptplaneten, ihre Trabanten und die Gewölbsformen konzentrischer Ringe, die wenigstens einem der äußersten Planeten zugehören. Es bleibt uns noch übrig, unter den um die Sonne in eigenen Bahnen kreisenden und von ihr erleuchteten Weltkörpern die ungezählte Schar der Kometen zu nennen. Wenn man eine gleichmäßige Verteilung ihrer Bahnen, die Grenze ihrer Perihelien (Sonnennähen), und die Möglichkeit ihres Unsichtbarbleibens für die Erdbewohner nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung abwägt, so findet man eine Zahl von Myriaden, über welche die Einbildungskraft erstaunt. Schon Kepler sagt mit der ihm eigenen Lebendigkeit des Ausdrucks, es gebe in den Welträumen mehr Kometen als Fische in den Tiefen des Ozeans. Indes sind der berechneten Bahnen kaum noch 150^{19}, wenn die Zahl der Kometen, über deren Erscheinung und Lauf

durch bekannte Sternbilder man mehr oder minder rohe Andeutungen hat, auf sechs- oder siebenhundert geschätzt werden kann. Während die sogenannten klassischen Völker des Occidents, Griechen und Römer, wohl bisweilen den Ort angeben, wo ein Komet zuerst am Himmel gesehen ward, nie etwas über seine scheinbare Bahn, so bietet die reiche Litteratur der naturbeobachtenden, alles aufzeichnenden Chinesen umständliche Notizen über die Sternbilder dar, welche jeglicher Komet durchlief. Solche Notizen reichen bis mehr denn fünf Jahrhunderte vor der christlichen Zeitrechnung hinauf, und viele derselben werden noch heute[20] von den Astronomen benutzt.

Von allen planetarischen Weltkörpern erfüllen die Kometen, bei der kleinsten Masse (nach einzelnen bisherigen Erfahrungen wahrscheinlich weit unter $^1/_{5000}$ der Erdmasse), mit ihren oft viele Millionen Meilen langen und weit ausgebreiteten Schweifen den größten Raum. Der lichtreflektierende Dunstkegel, den sie ausstrahlen, ist bisweilen (1680 und 1811) so lang gefunden worden als die Entfernung der Erde von der Sonne: eine Linie, welche zwei Planetenbahnen, die der Venus und des Merkur, schneidet. Es ist selbst wahrscheinlich, daß in den Jahren 1819 und 1823 unsere Atmosphäre mit dem Dunst der Kometenschweife gemischt war.

Die Kometen selbst zeigen so mannigfaltige Gestalten, oft mehr dem Individuum als der Art angehörend, daß die Beschreibung einer dieser reisenden *Lichtwolken* (so nannten sie schon Xenophanes und Theon von Alexandrien, der Zeitgenosse des Pappus) nur mit Vorsicht auf eine andere angewendet werden kann. Die schwächsten teleskopischen Kometen sind meist ohne sichtbaren Schweif und gleichen den Herschelschen *Nebelsternen*. Sie bilden rundliche, matt schimmernde Nebel, mit konzentrierterem Lichte gegen die Mitte. Das ist der einfachste Typus, aber darum eben so wenig ein rudimentärer Typus als der eines durch Verdampfung erschöpften, alternden Weltkörpers. In den größeren Kometen unterscheidet man den *Kopf* oder sogenannten *Kern* und einen einfachen oder vielfachen *Schweif*, den die chinesischen Astronomen sehr charakteristisch den Besen (sui) nennen. Der Kern hat der Regel nach keine bestimmte Begrenzung, ob er gleich in seltenen Fällen wie ein Stern erster und zweiter Größe, ja bei den großen Kometen von 1402, 1532, 1577, 1744 und 1843 selbst am Tage bei hellem Sonnenschein,[21] ist leuchtend gesehen worden. Dieser letztere Umstand zeugt demnach bei

einzelnen Individuen für eine dichtere, intensiver Lichtreflexion fähige Masse. Auch erschienen in Herschels großen Teleskopen nur zwei Kometen, der in Sizilien entdeckte von 1807 wie der schöne von 1811, als wohlbegrenzte Scheiben:[22] die eine unter einem Winkel von 1″, die andere von 0″,77, woraus sich der wirkliche Durchmesser von 134 und 107 Meilen (994 und 794 km) ergeben würde. Die minder bestimmt umgrenzten Kerne der Kometen von 1798 und 1805 gaben gar nur 6—7 Meilen (44—52 km) Durchmesser.[23] Bei mehreren genau untersuchten Kometen, besonders bei dem eben genannten und so lange gesehenen von 1811, war der Kern und die neblige Hülle, welche ihn umgab, durch einen dunkleren Raum vom Schweife gänzlich getrennt. Die Intensität des Lichtes im Kerne der Kometen ist nicht gleichmäßig bis in das Centrum zunehmend; stark leuchtende Zonen sind mehrfach durch konzentrische Nebelhüllen getrennt. Die Schweife haben sich gezeigt bald einfach, bald doppelt; doch dies selten, und (1807 und 1843) von sehr verschiedener Länge der beiden Zweige: einmal sechsfach, 1744 (bei 60° Oeffnung); gerade oder gekrümmt, sei es zu beiden Seiten, nach außen (1811), oder konvex gegen die Seite hin (1618), wohin der Komet sich bewegt; auch wohl gar flammenartig geschwungen. Sie sind, wie (nach Eduard Biot) die chinesischen Astronomen schon im Jahr 837 bemerkten, in Europa aber Fracastoro und Peter Apian erst im sechzehnten Jahrhunderte auf eine bestimmtere Weise verkündigten, stets von der Sonne dergestalt abgewandt, daß die verlängerte Achse durch das Centrum der Sonne geht. Man kann die Ausströmungen als konoidische Hüllen von dickerer oder dünnerer Wandung betrachten: eine Ansicht, durch welche sehr auffallende optische Erscheinungen mit Leichtigkeit erklärt werden.

Die einzelnen Kometen sind aber nicht bloß ihrer Form nach so charakteristisch verschieden (ohne allen sichtbaren Schweif, oder mit einem von 104° Länge, wie im dritten des Jahres 1618); wir sehen sie auch in schnell aufeinander folgenden, veränderlichen Gestaltungsprozessen begriffen. Dieser Formenwechsel ist am genauesten und vortrefflichsten an dem Kometen von 1744 von Heinsius in Petersburg, und an dem Halleyschen Kometen bei seiner letzten Wiedererscheinung im Jahr 1835 von Bessel in Königsberg beschrieben worden. An dem der Sonne zugekehrten vorderen Teile des Kerns wurde eine mehr oder minder büschelförmige Ausströmung

sichtbar. Die rückwärts gekrümmten Strahlen bildeten einen Teil des Schweifes. „Der Kern des Halleyschen Kometen und seine Ausströmungen gewährten das Ansehen einer brennenden Rakete, deren Schweif durch Zugwind seitwärts abgelenkt wird." Die vom Kopf ausgehenden Strahlen haben wir, Arago und ich, auf der Pariser Sternwarte in aufeinander folgenden Nächten sehr verschiedenartig gestaltet[24] gesehen. Der große Königsberger Astronom schloß aus vielfältigen Messungen und theoretischen Betrachtungen, „daß der ausströmende Lichtkegel sich von der Richtung nach der Sonne sowohl rechts als links beträchtlich entfernte, immer aber wieder zu dieser Richtung zurückkehrte, um auf die andere Seite derselben überzugehen; daß der ausströmende Lichtkegel daher, so wie der Körper des Kometen selbst, der ihn ausstößt und erzeugt, eine drehende oder vielmehr eine schwingende Bewegung in der Ebene der Bahn erlitt". Er findet, „daß die gewöhnliche Anziehungskraft der Sonne, die sie auf schwere Körper ausübt, zur Erklärung solcher Schwingungen nicht hinreiche, und ist der Ansicht, daß dieselben eine Polarkraft offenbaren, welche einen Halbmesser des Kometen der Sonne zuwendet, den entgegengesetzten von ihr abzuwenden strebt. Die magnetische Polarität, welche die Erde besitze, biete etwas Analoges dar; und sollten sich die Gegensätze dieser tellurischen Polarität auf die Sonne beziehen, so könne sich ein Einfluß davon in der Vorrückung der Nachtgleichen zeigen". Es ist hier nicht der Ort, die Gründe näher zu entwickeln, auf welche Erklärungen gestützt worden sind, die den Erscheinungen entsprechen; aber so denkwürdige Beobachtungen,[25] so großartige Ansichten über die wunderbarste Klasse aller Weltkörper, die zu unserem Sonnensystem gehören, durften in diesem Entwurf eines allgemeinen Naturgemäldes nicht übergangen werden.

Ohnerachtet der Regel nach die Kometenschweife in der Sonnennähe an Größe und Glanz zunehmen und von dem Centralkörper abgewendet liegen, so hat doch der Komet von 1823 das denkwürdige Beispiel von zwei Schweifen gegeben, deren einer der Sonne zu-, der andere von ihr abgewandt war, und die untereinander einen Winkel von 160° bildeten. Eigene Modifikationen der Polarität und die ungleichzeitige Verteilung und Leitung derselben können in diesem seltenen Falle zweierlei, ungehindert fortgesetzte Ausströmungen der nebligen Materie verursacht haben.

In der Naturphilosophie des Aristoteles wird durch solche Ausströmungen die Erscheinung der Kometen mit der Existenz der Milchstraße in eine sonderbare Verbindung gebracht. Die zahllose Menge von Sternen, welche die Milchstraße bilden, geben eine sich selbst entzündende (leuchtende) Masse her. Der Nebelstreif, welcher das Himmelsgewölbe teilt, wird daher von dem Stagiriten wie ein großer Komet betrachtet, der sich unaufhörlich von neuem[26] erzeugt.

Bedeckungen der Fixsterne durch den sogenannten Kern eines Kometen oder seine nächsten dunstförmigen Hüllen können Licht über die physische Beschaffenheit dieser wunderbaren Weltkörper verbreiten; aber es fehlt an Beobachtungen, welche die sichere Ueberzeugung[27] gewähren, daß die Bedeckung vollkommen central gewesen sei: denn, wie wir bereits oben bemerkt, in dem dem Kerne nahe liegenden Teile der Hülle wechseln konzentrische Schalen von dichtem und sehr undichtem Dunste. Dagegen ist es keinem Zweifel unterworfen, daß am 29. September 1835, nach Bessels sorgfältigsten Messungen, das Licht eines Sternes zehnter Größe, der in 7″,78 Entfernung von dem Mittelpunkt des Kopfes des Halleyschen Kometen durch einen sehr dichten Nebel durchging, während dieses Durchganges durch alle Teile des Nebels nicht von seiner geradlinigen Bewegung[28] abgelenkt wurde. Ein solcher Mangel von strahlenbrechender Kraft, wenn er wirklich dem Centrum des Kernes zukommt, macht es schwer, den Kometenstoff für eine gasförmige Flüssigkeit zu halten.[29] Ist derselbe alleinige Folge der fast unendlichen Dünnigkeit einer Flüssigkeit? oder besteht der Komet „aus getrennten Teilchen", ein kosmisches Gewölk bildend, das den durchgehenden Lichtstrahl nicht mehr affiziert als die Wolken unserer Atmosphäre, welche ebenfalls nicht die Zenithdistanzen der Gestirne oder der Sonnenränder verändern? Bei dem Vorübergange der Kometen vor einem Sterne ist oft eine mehr oder minder beträchtliche Schwächung ihres Lichtes bemerkt worden. Man schreibt sie mit vielem Rechte dem hellen Grunde zu, von dem während der Bedeckung die Sterne sich abzuheben scheinen.

Die wichtigste und entscheidendste Beobachtung, welche über die Natur des Kometenlichtes gemacht worden, verdanken wir Aragos Polarisationsversuchen. Sein Polariskop belehrt uns über die physische Konstitution der Sonne, wie über die der Kometen; das Instrument deutet an, ob ein Lichtstrahl, der aus einer Entfernung von vielen Millionen Meilen zu

uns gelangt, direktes oder reflektiertes Licht ist, ob im ersten Falle die Lichtquelle ein fester und tropfbar-flüssiger oder ein gasförmiger Körper ist. Es wurden auf der Pariser Sternwarte in demselben Apparat das Licht der Capella und das Licht des großen Kometen von 1819 untersucht. Das letztere zeigte polarisiertes, also zurückgeworfenes Licht, während der Fixstern sich, wie zu vermuten stand, als eine selbstleuchtende Sonne[30] erwies. Das Dasein des polarisierten Kometenlichtes verkündigte sich aber nicht bloß durch Ungleichheit der Bilder; es wurde bei der Wiedererscheinung des Halleyschen Kometen im Jahr 1835 noch sicherer durch den auffallenderen Kontrast der Komplementärfarben, nach der von Arago im Jahr 1811 entdeckten chromatischen Polarisation, begründet. Ob außer diesem reflektierten Sonnenlichte die Kometen nicht auch eigenes Licht haben, bleibt durch jene schönen Versuche noch unentschieden.[31] Auch in eigentlichen Planeten, der Venus z. B., ist eine selbständige Lichtentwickelung sehr wahrscheinlich.

Die veränderliche Lichtstärke der Kometen ist nicht immer aus der Stellung in ihrer Bahn und aus ihrer Entfernung von der Sonne zu erklären. Sie deutet gewiß bei einzelnen Individuen auf innere Prozesse der Verdichtung und erhöhten oder geminderten Reflexionsfähigkeit des erborgten Lichtes. Bei dem Kometen von 1618, wie bei dem von dreijährigem Umlauf, haben Hevelius und, nach langer Nichtbeachtung des merkwürdigen Phänomens, der talentvolle Astronom Valz in Nismes den Kern in der Sonnennähe verkleinert, in der Sonnenferne vergrößert gefunden. Die Regelmäßigkeit der Veränderung des Volums nach Maßgabe des Abstandes von der Sonne ist überaus auffallend. Die physische Erklärung der Erscheinung darf wohl nicht in den bei größerer Sonnennähe kondensierteren Schichten des Weltäthers gesucht werden, da es schwierig ist, sich die Dunsthülle des Kometenkerns blasenartig, dem Weltäther undurchdringlich vorzustellen.

Die so verschiedenartige Exzentrizität der elliptischen Kometenbahnen hat in neueren Zeiten (1819) zu einer glänzenden Bereicherung unserer Kenntnis des Sonnensystems geleitet. Encke hat die Existenz eines Kometen von so kurzer Umlaufszeit entdeckt, daß er ganz innerhalb unserer Planetenbahn bleibt, ja seine größte Sonnenferne schon zwischen der Bahn der kleinen Planeten und der Jupitersbahn erreicht. Seine Exzentrizität ist demnach 0,845, wenn die der Juno (die größte Exzentrizität unter allen Planetenbahnen) 0,255

ist. Enckes Komet ist mehrmals, wenngleich schwierig (in Europa 1819, in Neu-Holland nach Rümker 1822), dem bloßen Auge sichtbar geworden. Seine Umlaufszeit ist ungefähr von 3¼ Jahren; aber aus der sorgfältigen Vergleichung der Wiederkehr zum Perihel hat sich die merkwürdige Thatsache ergeben, daß die Umläufe von 1786 bis 1838 sich auf die regelmäßigste Weise von Umlauf zu Umlauf verkürzt haben; nämlich in einem Zeitraum von 52 Jahren um $1^{s}/_{10}$ Tage. Eine so merkwürdige Erscheinung hat, um nach der sorgfältigsten Beachtung aller planetarischen Störungen Beobachtung und Rechnung in Einklang zu bringen, zu der sehr wahrscheinlichen Annahme einer in den Welträumen verbreiteten, Widerstand leistenden, dunstförmigen Materie geleitet. Die Tangentialkraft wird vermindert, und mit ihr die große Achse der Kometenbahn. Der Wert der Konstante des Widerstandes scheint dazu etwas verschieden vor und nach dem Durchgang durch das Perihel, was vielleicht der in der Sonnennähe veränderten Form des kleinen Nebelsternes und der Einwirkung der ungleich dichten Schichten des Weltäthers zuzuschreiben ist. Diese Thatsachen und ihre Ergründung gehören zu den interessantesten Ergebnissen der neueren Sternkunde. Wenn außerdem der Komet von Encke früher den Anstoß gegeben hat, die für alle Störungsrechnungen so wichtige Masse Jupiters einer schärferen Prüfung zu unterwerfen, so hat uns auch sein Lauf später die erste, wiewohl nur genäherte, Bestimmung einer verminderten Merkursmasse verschafft.

Zu dem ersten Kometen von kurzer Umlaufszeit, Enckes Kometen von 3⅓ Jahren, hat sich bald, 1826, ein zweiter, ebenfalls planetarischer, gesellt, dessen Sonnenferne jenseits Jupiters, doch weit diesseits der Saturnbahn liegt. Bielas Komet hat eine Umlaufszeit von 6¾ Jahren. Er ist noch lichtschwächer als der von Encke, und rechtläufig in seiner Bewegung, wie dieser, während der Halleysche Komet der Richtung aller eigentlichen Planeten entgegen kreist. Er hat das erste sichere Beispiel eines unsere Erdbahn schneidenden Kometen dargeboten. Die Bahn des Bielaschen Kometen ist daher eine Bahn, die Gefahr bringen kann, wenn man jedes außerordentliche, in historischen Zeiten noch nicht erlebte und in seinen Folgen nicht mit Gewißheit zu bestimmende Naturphänomen gefahrbringend nennen soll. Kleine Massen, mit ungeheurer Geschwindigkeit begabt, können allerdings eine beträchtliche Kraft ausüben; aber wenn Laplace erweist, daß

dem Kometen von 1770 eine Masse zuzuschreiben ist, die $^1/_{5000}$ der Masse der Erde noch nicht erreicht, so setzt er sogar im allgemeinen die *mittlere* Masse der Kometen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit tief unter $^1/_{100000}$ der Erdmasse (ungefähr $^1/_{1200}$ der Mondmasse) herab. Man muß den Durchgang von Bielas Kometen durch unsere Erdbahn nicht mit seinem Zusammentreffen mit der Erde oder seiner Nähe zu derselben verwechseln. Als am 29. Oktober 1832 der Durchgang erfolgte, brauchte die Erde noch einen vollen Monat, um an den Durchschnittspunkt beider Bahnen zu gelangen. Die zwei Kometen von kurzer Umlaufszeit schneiden sich auch untereinander in ihren Bahnen, und man hat mit Recht bemerkt, daß bei den vielen Störungen, welche so kleine Weltkörper von den Planeten erleiden, sie *möglicherweise*, wenn die Begegnung sich um die Mitte des Oktobers ereignen sollte, dem Erdbewohner das wunderbare kosmische Schauspiel des Kampfes, d. h. einer wechselseitigen Durchdringung, oder einer Agglutination, oder einer Zerstörung durch erschöpfende Ausströmung, gewähren *könnten*. Solche Ereignisse, Folgen der Ablenkung durch störende Massen oder sich primitiv kreuzender Bahnen, mag es seit Millionen von Jahren in der Unermeßlichkeit ätherischer Räume viele gegeben haben, — isolierte Begebenheiten, so wenig allgemein wirkend oder weltumgestaltend, als es in den engen irdischen Kreisen der Ausbruch oder Einsturz eines Vulkanes sind.

Ein dritter innerer Komet von kurzer Umlaufszeit ist der im vorigen Jahre (22. November 1843) auf der Pariser Sternwarte von *Faye* entdeckte. Seine elliptische Bahn kommt der kreisförmigen weit näher als die irgend eines bisher bekannten Kometen. Sie ist eingeschlossen zwischen den Bahnen von Mars und Saturn. *Fayes Komet*, der nach Goldschmidt noch über die Jupitersbahn hinausgeht, gehört also zu den sehr wenigen, deren Sonnennähe jenseits des Mars gefunden worden ist. Seine Umlaufszeit ist von $7^{29}/_{100}$ Jahren, und die Form seiner jetzigen Bahn verdankt er vielleicht seiner großen Annäherung an den Jupiter zu Ende des Jahres 1839.

Wenn wir die Kometen in ihren geschlossenen elliptischen Bahnen als Glieder unseres Sonnensystems nach der Länge der großen Achse, nach dem Maße ihrer Exzentrizität und der Dauer ihres Umlaufs betrachten, so stehen wahrscheinlich den drei planetarischen Kometen von Encke, Biela und Faye in

der Umlaufszeit am nächsten: der von Messier entdeckte Komet von 1766, den Clausen für identisch mit dem dritten Kometen von 1819 hält, und der vierte desselben Jahres, welcher, durch Blanpain entdeckt, aber von Clausen für identisch mit dem Kometen von 1743 gehalten, wie der Lexellsche, große Veränderungen seiner Bahn durch Nähe und Anziehung des Jupiter erlitten hat. Diese zwei letztgenannten Kometen scheinen ebenfalls eine Umlaufszeit von nur 5 bis 6 Jahren zu haben, und ihre Sonnenfernen fallen in die Gegend der Jupitersbahn. Von 70- bis 76jährigem Umlaufe sind der für Theorie und physische Astronomie so wichtig gewordene Halleysche Komet, dessen letzte Erscheinung (1835) weniger glänzend war, als man nach den früheren hätte vermuten dürfen; der Komet von Olbers (6. März 1815), und der im Jahr 1812 von Pons entdeckte, dessen elliptische Bahn von Encke bestimmt ward. Beide letztere sind dem bloßen Auge unsichtbar geblieben. Von dem großen Halleyschen Kometen kennen wir nun schon mit Gewißheit die neunmalige Wiederkehr, da durch Laugiers Rechnungen neuerlich erwiesen worden ist, daß in der von Eduard Biot gelieferten chinesischen Kometentafel die Bahn des Kometen von 1378 mit der des Halleyschen identisch ist. Die Umlaufszeit des letzteren hat von 1378 bis 1835 geschwankt zwischen 74,91 und 77,58 Jahren: das Mittel war 76,1.

Mit den eben genannten Weltkörpern kontrastiert eine Schar anderer Kometen, welche mehrere tausend Jahre zu ihrem, nur schwer und unsicher zu bestimmenden Umlauf brauchen. So bedarf der schöne Komet von 1811 nach Argelander 3065, der furchtbar große von 1680 nach Encke über 8800 Jahre. Diese Weltkörper entfernen sich also von der Sonne 21- und 44mal weiter als Uranus, d. i. 8400 und 17 600 Millionen Meilen. In so ungeheurer Entfernung wirkt noch die Anziehungskraft der Sonne; aber freilich legt der Komet von 1680 in der Sonnennähe 53 Meilen (über zwölfmalhunderttausend Fuß = 393 km), d. i. dreizehnmal mehr als die Erde, in der Sonnenferne kaum 10 Fuß (3,25 m) in der Sekunde zurück. Das ist nur dreimal mehr als die Geschwindigkeit des Wassers in unseren trägsten europäischen Flüssen; es ist die halbe Geschwindigkeit, welche ich in einem Arm des Orinoco, dem Cassiquiare, gefunden habe. Unter der zahllosen Menge unberechneter oder nicht aufgefundener Kometen gibt es höchst wahrscheinlich viele, deren große Bahnachse die des Kometen

von 1680 noch weit übertrifft. Um sich nun einigermaßen durch Zahlen einen Begriff zu machen, ich sage nicht von dem Attraktionskreise, sondern von der räumlichen Entfernung eines Fixsternes, einer anderen Sonne, von dem Aphelium des Kometen von 1680 (des Weltkörpers unseres Systems, der sich nach unserer jetzigen Kenntnis am weitesten entfernt), muß hier erinnert werden, daß nach den neuesten Parallaxenbestimmungen der uns nächste Fixstern noch volle 250mal weiter von unserer Sonne absteht als der Komet in seiner Sonnenferne. Diese beträgt nur 44 Uranusweiten, wenn α des Kentauren 11000, und mit größerer Sicherheit, nach Bessel, 61 des Schwans 31000 Uranusweiten abstehen.

Nach der Betrachtung der größten Entfernung der Kometen von dem Centralkörper bleibt uns übrig, die Beispiele der bisher gemessenen größten Nähe anzuführen. Den geringsten Abstand eines Kometen von der Erde hat der durch die Störungen, die er vom Jupiter erlitten, so berühmt gewordene Lexell-Burkardtsche Komet von 1770 erreicht. Er stand am 28. Juni nur um sechs Mondfernen von der Erde ab. Derselbe Komet ist zweimal, 1767 und 1779, durch das System der vier Jupitersmonde gegangen, ohne die geringste merkbare Veränderung in ihrer so wohl ergründeten Bahn hervorzubringen. Acht- bis neunmal näher, als der Lexellsche Komet der Erde kam, ist aber der große Komet von 1680 in seinem Perihelium der Oberfläche der Sonne gekommen. Er stand am 17. Dezember nur um den sechsten Teil des Sonnendurchmessers ab, d. i. $^{7}/_{10}$ einer Monddistanz. Perihele, welche die Marsbahn überschreiten, sind wegen Lichtschwäche ferner Kometen für den Erdbewohner überhaupt selten zu beobachten, und von allen bisher berechneten Kometen ist der von 1729 der einzige, welcher in die Sonnennähe trat mitten zwischen der Pallas- und Jupitersbahn, ja bis jenseits der letzteren beobachtet werden konnte.

Seitdem wissenschaftliche Kenntnisse, einige gründliche neben vielen unklaren Halbkenntnissen in größere Kreise des geselligen Lebens eingedrungen sind, haben die Besorgnisse vor den, wenigstens möglichen Uebeln, mit denen die Kometenwelt uns bedroht, an Gewicht zugenommen.[32] Die Richtung dieser Besorgnisse ist eine bestimmtere geworden. Die Gewißheit, daß es innerhalb der bekannten Planetenbahnen wiederkehrende, unsere Regionen in kurzen Zeitabschnitten heimsuchende Kometen gibt; die beträchtlichen Störungen, welche Jupiter und Saturn

den Bahnen hervorbringen, wodurch unschädlich scheinende in gefahrbringende Weltkörper verwandelt werden können; die unsere Erdbahn schneidende Bahn von Bielas Kometen; der kosmische Nebel, der als widerstrebendes, hemmendes Fluidum alle Bahnen zu verengen strebt; die individuelle Verschiedenheit der Kometenkörper, welche beträchtliche Abstufungen in der Quantität der Masse des Kernes vermuten läßt, ersetzen durch Mannigfaltigkeit der Motive reichlich, was die früheren Jahrhunderte in der vagen Furcht vor brennenden Schwertern, vor einem durch Haarsterne zu erregenden allgemeinen Weltbrande zusammenfaßten.

Da die Beruhigungsgründe, welche der Wahrscheinlichkeitsrechnung entnommen werden, allein auf die denkende Betrachtung, auf den Verstand, nicht auf die dumpfe Stimmung der Gemüter und auf die dunkle Einbildungskraft wirken, so hat man der neueren Wissenschaft nicht ganz mit Unrecht vorgeworfen, daß sie Besorgnisse zu zerstören bemüht ist, die sie selbst erregt hat. Es liegt tief in der trüben Natur des Menschen, in einer ernsterfüllten Ansicht der Dinge, daß das Unerwartete, Außerordentliche nur Furcht, nicht Freude oder Hoffnung,[33] erregt. Die Wundergestalt eines großen Kometen, sein matter Nebelschimmer, sein plötzliches Auftreten am Himmelsgewölbe sind unter allen Erdzonen und dem Volkssinne fast immer als eine neue, grauenvolle, der alten Verkettung des Bestehenden feindliche Macht erschienen. Da das Phänomen nur an eine kurze Dauer gebunden ist, so entsteht der Glaube, es müsse sich in den Weltbegebenheiten, den gleichzeitigen oder den nächstfolgenden, abspiegeln. Die Verkettung dieser Weltbegebenheiten bietet dann leicht etwas dar, was man als das verkündete Unheil betrachten kann. Nur in unserer Zeit hat sich seltsamerweise eine andere und heitere Richtung des Volkssinnes offenbart. Es ist in deutschen Gauen, in den anmutigen Thälern des Rheins und der Mosel einem jener langen geschmähten Weltkörper etwas Heilbringendes, ein wohlthätiger Einfluß auf das Gedeihen des Weinstockes, zugeschrieben worden. Entgegengesetzte Erfahrungen, an denen es in unserer kometenreichen Zeit nicht mangelt, haben den Glauben an jene meteorologische Mythe, an das Dasein wärmestrahlender Irrsterne nicht erschüttern können.

Ich gehe von den Kometen zu einer anderen, noch viel rätselhafteren Klasse geballter Materie: zu den kleinsten aller Asteroiden über, welche wir in ihrem fragmentarischen Zustande,

und in unserer Atmosphäre angelangt, mit dem Namen der Aerolithen oder Meteorsteine bezeichnen. Wenn ich bei diesen, wie bei den Kometen, länger verweile, und Einzelheiten aufzähle, die einem allgemeinen Naturgemälde fremd bleiben sollten, so ist dies nur mit Absicht geschehen. Der ganz individuellen Charakterverschiedenheit der Kometen ist schon früher gedacht worden. Nach dem Wenigen, was wir bis jetzt von ihrer physischen Beschaffenheit wissen, ist es schwer, in einer Darstellung, wie sie hier gefordert wird, von wiederkehrenden, aber mit sehr ungleicher Genauigkeit beobachteten Erscheinungen das Gemeinsame aufzufassen, das Notwendige von dem Zufälligen zu trennen. Nur die messende und rechnende Astronomie der Kometen hat bewundernswürdige Fortschritte gemacht. Bei diesem Zustande unserer Kenntnisse muß eine wissenschaftliche Betrachtung sich auf die physiognomische Verschiedenheit der Gestaltung in Kern und Schweif, auf die Beispiele großer Annäherung zu anderen Weltkörpern, auf die Extreme in dem räumlichen Verhältnis der Bahnen und in der Dauer der Umlaufszeiten beschränken. Naturwahrheit ist bei diesen Erscheinungen wie bei den nächstfolgenden nur durch Schilderung des Einzelnen und durch den lebendigen, anschaulichen Ausdruck der Wirklichkeit zu erreichen.

Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteorsteine sind mit großer Wahrscheinlichkeit als kleine, mit planetarischer Geschwindigkeit sich bewegende Massen zu betrachten, welche im Weltraume nach den Gesetzen der allgemeinen Schwere in Kegelschnitten um die Sonne kreisen. Wenn diese Massen in ihrem Laufe der Erde begegnen und, von ihr angezogen, an den Grenzen unserer Atmosphäre leuchtend werden, so lassen sie öfters mehr oder minder erhitzte, mit einer schwarzen glänzenden Rinde überzogene, steinartige Fragmente herabfallen. Bei aufmerksamer Zergliederung von dem, was in den Epochen, wo Sternschnuppenschwärme periodisch fielen (in Cumana 1799, in Nordamerika 1833 und 1834), beobachtet wurde, bleibt es nicht erlaubt, die Feuerkugeln von den Sternschnuppen zu trennen.[34] Beide Phänomene sind oft nicht bloß gleichzeitig und gemischt, sie gehen auch ineinander über: man möge die Größe der Scheiben, oder das Funkensprühen, oder die Geschwindigkeiten der Bewegung miteinander vergleichen. Während die platzenden, Rauch ausstoßenden, selbst in der Tropenhelle des Tages[35] alles erleuchtenden Feuerkugeln bis-

weilen den scheinbaren Durchmesser des Mondes übertreffen, sind dagegen auch Sternschnuppen in zahlloser Menge von solcher Kleinheit gesehen worden, daß sie in der Form fortschreitender Punkte sich nur wie phosphorische Linien[36] sichtbar machten. Ob übrigens unter den vielen leuchtenden Körpern, die am Himmel als sternähnliche Funken fortschießen, nicht auch einige ganz verschiedenartiger Natur sind, bleibt bis jetzt unentschieden. Wenn ich gleich nach meiner Rückkunft aus der Aequinoktialzone von dem Eindruck befangen war, als sei mir unter den Tropen, in den heißesten Ebenen, wie auf Höhen von zwölf- oder fünfzehntausend Fuß (3900 bis 4870 m), der Fall der Sternschnuppen häufiger, farbiger und mehr von langen glänzenden Lichtbahnen begleitet erschienen wie in der gemäßigten und kalten Zone, so lag der Grund dieses Eindruckes wohl nur in der herrlichen Durchsichtigkeit der Tropenatmosphäre selbst.[37] Man sieht dort tiefer in den Dunstkreis hinein. Auch Sir Alexander Burnes rühmt in Bokhara, als Folge der Reinheit des Himmels, „das entzückende, immer wiederkehrende Schauspiel der vielen farbigen Sternschnuppen".

Der Zusammenhang der Meteorsteine mit dem größeren und glänzenderen Phänomen der Feuerkugeln, ja daß jene aus diesen niederfallen und bisweilen 10 bis 15 Fuß (3,25 bis 4,30 m) tief in die Erde eindringen, ist unter vielen anderen Beispielen durch die wohl beobachteten Aerolithenfälle zu Barbotan im Departement des Landes (24. Juli 1790), zu Siena (16. Juni 1794), zu Weston in Connecticut (14. Dezember 1807) und zu Juvenas im Ardèche-Departement (15. Juni 1821) erwiesen worden. Andere Erscheinungen der Steinfälle sind die, wo die Massen aus einem sich bei heiterem Himmel plötzlich bildenden kleinen, sehr dunkeln Gewölke, unter einem Getöse, das einzelnen Kanonenschüssen gleicht, herabgeschleudert werden. Ganze Landesstrecken finden sich bisweilen durch ein solches fortziehendes Gewölk mit Tausenden von Fragmenten, sehr ungleicher Größe, aber gleicher Beschaffenheit bedeckt. In selteneren Fällen, wie vor wenigen Monaten bei dem großen Aerolithen, der unter donnerartigem Krachen (16. September 1843) zu Kleinwenden, unweit Mühlhausen, fiel, war der Himmel hell und es entstand kein Gewölk. Die nahe Verwandtschaft zwischen Feuerkugeln und Sternschnuppen zeigt sich auch dadurch, daß die ersten, Meteorsteine zur Erde herabschleudernd, bisweilen (9. Juni 1822 zu Angers) kaum

den Durchmesser der kleinen römischen Lichter in unseren Feuerwerken hatten.

Was die formbildende Kraft, was der physische und chemische Prozeß in diesen Erscheinungen ist; ob die Teilchen, welche die dichte Masse des Meteorsteines bilden, ursprünglich, wie in dem Kometen, dunstförmig voneinander entfernt liegen, und sich erst dann, wenn sie für uns zu leuchten beginnen, innerhalb der flammenden Feuerkugeln zusammenziehen; was in der schwarzen Wolke vorgeht, in der es minutenlang donnert, ehe die Steine herabstürzen; ob auch aus den kleinen Sternschnuppen wirklich etwas Kompaktes, oder nur ein höherauchartiger, eisen- und nickelhaltiger Meteorstaub[38] niederfällt: das alles ist bis jetzt in großes Dunkel gehüllt. Wir kennen das räumlich Gemessene, die ungeheure, wundersame, ganz planetarische Geschwindigkeit der Sternschnuppen, der Feuerkugeln und der Meteorsteine; wir kennen das Allgemeine und in dieser Allgemeinheit Einförmige der Erscheinung, nicht den genetischen kosmischen Vorgang, die Folge der Umwandlungen. Kreisen die Meteorsteine schon geballt zu dichten[39] Massen (doch minder dicht als die mittlere Dichtigkeit der Erde), so müssen sie im Innersten der Feuerkugeln, aus deren Höhe und scheinbarem Durchmesser man bei den größeren auf einen wirklichen Durchmesser von 500 bis 2600 Fuß (160 bis 840 m) schließen kann, nur einen sehr geringen, von entzündlichen Dämpfen oder Gasarten umhüllten Kern bilden. Die größten Meteormassen, die wir bisher kennen: die brasilianische von Bahia und die von Otumpa in Chaco, welche Rubi de Celis beschrieben, haben 7 bis 7½ Fuß (2,27 bis 2,43 m) Länge. Der in dem ganzen Altertum so berühmte, schon in der Parischen Marmorchronik bezeichnete Meteorstein von Aegos Potamoi (gefallen fast in dem Geburtsjahre des Sokrates) wird sogar als von der Größe zweier Mühlsteine und dem Gewicht einer vollen Wagenlast beschrieben. Trotz der vergeblich angewandten Bemühungen des afrikanischen Reisenden Browne, habe ich nicht die Hoffnung aufgegeben, man werde einst diese, so schwer zerstörbare thracische Meteormasse in einer den Europäern jetzt sehr zugänglichen Gegend (nach 2312 Jahren) wieder auffinden. Der im Anfang des 10. Jahrhunderts in den Fluß bei Narni gefallene ungeheure Aerolith ragte, wie ein von Pertz aufgefundenes Dokument bezeugt, eine volle Elle hoch über dem Wasser hervor. Auch ist zu bemerken, daß alle diese Massen alter und neuer Zeit doch

eigentlich nur als Hauptfragmente von dem zu betrachten sind, was in der Feuerkugel oder in dem dunkeln Gewölk durch Explosion zertrümmert worden ist. Wenn man die mathematisch erwiesene, ungeheure Geschwindigkeit erwägt, mit welcher die Meteorsteine von den äußersten Grenzen der Atmosphäre bis zur Erde gelangen, oder als Feuerkugeln auf längerem Wege durch die Atmosphäre und deren dichtere Schichten hinstreichen, so wird es mir mehr als unwahrscheinlich, daß erst in diesem kurzen Zeitraume die metallhaltige Steinmasse mit ihren eingesprengten, vollkommen ausgebildeten Kristallen von Olivin, Labrador und Pyroxen sollte aus dem dunstförmigen Zustande zu einem festen Kerne zusammengeronnen sein.

Was herabfällt, hat übrigens, selbst dann, wenn die innere Zusammensetzung chemisch noch verschieden ist, fast immer den eigentümlichen Charakter eines Fragments, oft eine prismatoidische oder verschobene Pyramidalform, mit breiten, etwas gebogenen Flächen und abgerundeten Ecken. Woher aber diese, von Schreibers zuerst erkannte Form eines abgesonderten Stückes in einem rotierenden planetarischen Körper? Auch hier, wie in der Sphäre des organischen Lebens, ist alles dunkel, was der Entwickelungsgeschichte angehört. Die Meteormassen fangen an zu leuchten und sich zu entzünden in Höhen, die wir fast als luftleer betrachten müssen, oder die nicht $^1/_{100000}$ Sauerstoff enthalten. Biots neue Untersuchungen über das wichtige Crepuskularphänomen[40] erniedrigen sogar beträchtlich die Linie, welche man, vielleicht etwas gewagt, die Grenze der Atmosphäre[41] zu nennen pflegt; aber Lichtprozesse können ohne Gegenwart des umgebenden Sauerstoffs vorgehen, und Poisson dachte sich die Entzündung des Aerolithen weit jenseits unseres luftförmigen Dunstkreises. Nur das, was der Berechnung und einer geometrischen Messung zu unterwerfen ist, führt uns bei den Meteorsteinen, wie bei den größeren Weltkörpern des Sonnensystems, auf einen festen und sichereren Boden. Obgleich Halley schon die große Feuerkugel von 1686, deren Bewegung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn entgegengesetzt war, für ein kosmisches Phänomen erklärte, so ist es doch erst Chladni gewesen, welcher in der größten Allgemeinheit (1794) den Zusammenhang zwischen den Feuerkugeln und den aus der Atmosphäre herabgefallenen Steinen, wie die Bewegung der ersteren im Weltraume,[42] auf das scharfsinnigste erkannt hat. Eine glänzende Bestätigung der Ansicht des kosmischen Ursprungs solcher Erscheinungen

hat Denison Olmsted zu New Haven (Massachusetts) dadurch geliefert, daß er erwiesen hat, wie bei dem so berühmt gewordenen Sternschnuppenschwarme in der Nacht vom 12. zum 13. November 1833, nach dem Zeugnis aller Beobachter, die Feuerkugeln und Sternschnuppen insgesamt von einer und derselben Stelle am Himmelsgewölbe, nahe bei γ Leonis, ausgingen, und von diesem Ausgangspunkte nicht abwichen, obgleich der Stern während der langen Dauer der Beobachtung seine scheinbare Höhe und sein Azimut veränderte. Eine solche Unabhängigkeit von der Rotation der Erde bewies, daß die leuchtenden Körper von außen, aus dem Weltraume, in unsere Atmosphäre gelangten. Nach Enckes Berechnung[43] sämtlicher Beobachtungen, die in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zwischen den Breiten von 35° und 42° angestellt worden sind, kamen sie alle aus dem Punkte des Weltraums, auf welchen zu derselben Epoche die Bewegung der Erde gerichtet war. Auch in den wiederkehrenden Sternschnuppenschwärmen des Novembers von 1834 und 1837 in Nordamerika, wie in dem analogen 1838 zu Bremen beobachteten, wurden der allgemeine Parallelismus der Bahnen und die Richtung der Meteore aus dem Sternbild des Löwen erkannt. Wie bei periodischen Sternschnuppen überhaupt eine mehr parallele Richtung als bei den gewöhnlichen sporadischen, so glaubt man auch in dem periodisch wiederkehrenden August-Phänomen (Strom des heil. Laurentius) bemerkt zu haben, daß die Meteore 1839 größtenteils von einem Punkte zwischen dem Perseus und dem Stier kamen; gegen das letztere Sternbild bewegte sich damals die Erde. Diese Eigenheit des Phänomens (der Richtung rückläufiger Bahnen im November und im August) verdient besonders durch künftige recht genaue Beobachtungen bekräftigt oder widerlegt zu werden.

Die Höhe der Sternschnuppen, d. h. des Anfangs und Endes ihrer Sichtbarkeit, ist überaus verschieden, und schwankt zwischen 4 und 35 Meilen (30 und 260 km). Dies wichtige Resultat und die ungeheure Geschwindigkeit der problematischen Asteroiden sind zuerst von Benzenberg und Brandes durch gleichzeitige Beobachtungen und Parallaxenbestimmungen, an den Endpunkten einer Standlinie von 46 000 Fuß (14 942 m) Länge gefunden worden.[44] Die relative Geschwindigkeit der Bewegung ist 4½ bis 9 Meilen (33 bis 66,7 km) in der Sekunde, also der der Planeten gleich. Eine solche planetarische Geschwindigkeit,[45] wie auch die oft bemerkte Richtung

der Feuerkugel- und Sternschnuppenbahnen, der Bewegungsrichtung der Erde entgegengesetzt, werden als Hauptmomente in der Widerlegung des Ursprungs der Aerolithen aus sogenannten noch thätigen Mondvulkanen betrachtet. Die Annahme einer mehr oder minder großen vulkanischen Kraft auf einem kleinen, von keinem Luftkreise umgebenen Weltkörper ist aber, ihrer Natur nach, numerisch überaus willkürlich. Es kann die Reaktion des Inneren eines Weltkörpers gegen seine Rinde zehn-, ja hundertmal kräftiger gedacht werden als bei unseren jetzigen Erdvulkanen. Auch die Richtung der Massen, welche von einem westöstlich umlaufenden Satelliten ausgeschleudert werden, kann dadurch rückläufig scheinen, daß die Erde in ihrer Bahn später an den Punkt derselben gelangt, den jene Massen berühren. Wenn man indes den Umfang der Verhältnisse erwägt, die ich schon in diesem Naturgemälde habe aufzählen müssen, um dem Verdacht unbegründeter Behauptungen zu entgehen, so findet man die Hypothese des selenitischen Ursprunges der Meteorsteine von einer Mehrzahl von Bedingungen abhängig, deren zufälliges Zusammentreffen allein das bloß Mögliche als ein Wirkliches gestalten kann. Einfacher und anderen Vermutungen über die Bildung des Sonnensystems analoger scheint die Annahme eines ursprünglichen Daseins kleiner planetarischer Massen im Weltraume.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß ein großer Teil dieser kosmischen Körper die Nähe unseres Dunstkreises unzerstört durchstreichen, um ihre, durch Anziehung der Erdmasse nur in der Exzentrizität veränderte Bahn um die Sonne fortzusetzen. Man kann glauben, daß dieselben uns nach mehreren Umläufen und vielen Jahren erst wieder sichtbar werden. Die sogenannten aufwärts steigenden Sternschnuppen und Feuerkugeln, welche Chladni[45a] nicht glücklich durch Reflexion stark zusammengepreßter Luft zu erklären suchte, erschienen auf den ersten Anblick als die Folge einer rätselhaften, die Körper von der Erde entfernenden Wurfgeschwindigkeit; aber Bessel hat theoretisch erwiesen und durch Feldts sorgfältige Rechnungen bestätigt gefunden, daß bei dem Mangel an vollkommener Gleichzeitigkeit des beobachteten Verschwindens unter den veröffentlichen Beobachtungen keine vorkomme, welche der Annahme des Aufsteigens eine Wahrscheinlichkeit gäbe, und erlaubte sie als ein Resultat der Beobachtungen anzusehen.[46] Ob, wie Olbers glaubt, das Zerspringen von Sternschnuppen und rauchend flammenden, nicht immer geradlinig bewegten

Feuerkugeln die Meteore nach Raketenart in die Höhe treiben, und ob es in gewissen Fällen auf die Richtung ihrer Bahn einwirken könne, muß der Gegenstand neuer Beobachtungen werden.

Die Sternschnuppen fallen entweder vereinzelt und selten, also sporadisch, oder in Schwärmen zu vielen Tausenden; die letzteren Fälle (arabische Schriftsteller vergleichen sie mit Heuschreckenscharen) sind periodisch und bewegen sich in Strömen von meist paralleler Richtung. Unter den periodischen Schwärmen sind bis jetzt die berühmtesten geworden das sogenannte November-Phänomen (12. bis 14. November), und das des Festes des heil. Laurentius (10. August), dessen „feuriger Thränen" in England schon längst in einem Kirchenkalender wie in alten Traditionen[47] als einer wiederkehrenden meteorologischen Begebenheit gedacht wird. Unerachtet bereits in der Nacht vom 12.—13. November 1823 nach Klöden in Potsdam, und 1832 in ganz Europa: von Portsmouth bis Orenburg am Uralflusse, ja selbst in der südlichen Hemisphäre in Ile de France, ein großes Gemisch von Sternschnuppen und Feuerkugeln der verschiedensten Größe gesehen worden war, so leitete doch eigentlich erst der ungeheure Sternschnuppenschwarm, den Olmsted und Palmer in Nordamerika am 12.—13. November 1833 beobachteten und in dem an einem Orte, wie Schneeflocken zusammengedrängt, während neun Stunden wenigstens 240000 fielen, auf die Periodizität der Erscheinung, auf die Idee, daß große Sternschnuppenschwärme an gewisse Tage geknüpft sind. Palmer in New Haven erinnerte sich des Meteorfalls von 1799, den Ellicot und ich zuerst beschrieben haben;[48] und von dem durch die Zusammenstellung des Beobachteten, welche ich gegeben, erwiesen worden ist, daß er im neuen Kontinent gleichzeitig vom Aequator bis zu Neu-Herrnhut in Grönland (Br. 46° 14') zwischen 46° und 82° der Länge gesehen wurde. Man erkannte mit Erstaunen die Identität der Zeitepoche. Der Strom, der am ganzen Himmelsgewölbe am 12.—13. November 1833 von Jamaika bis Boston (Br. 40° 21') gesehen wurde, wiederholte sich 1834 in der Nacht vom 13.—14. November in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, doch mit etwas geringerer Intensität. In Europa hat sich seine Periodizität seitdem mit großer Regelmäßigkeit bestätigt.

Ein zweiter, ebenso regelmäßig eintretender Sternschnuppenschwarm, als das November-Phänomen, ist der des Augustmonats, der Strom des heil. Laurentius (9.—14. August).

Muschenbroek[49] hatte schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts auf die Häufigkeit der Meteore im Augustmonat aufmerksam gemacht; aber ihre periodisch sichere Wiederkehr um die Epoche des Laurentiusfestes haben erst Quetelet, Olbers und Benzenberg erwiesen. Man wird mit der Zeit gewiß noch andere periodisch wiederkehrende Ströme[50] entdecken, vielleicht um den 22.—25. April, wie zwischen dem 6.—12. Dezember, und wegen der von Capocci aufgezählten wirklichen Aerolithenfälle am 27.—29. November oder 17. Juli.

So unabhängig sich auch alle bisher beobachtete Erscheinungen von der Polhöhe, der Lufttemperatur und anderen klimatischen Verhältnissen gezeigt haben, so ist doch dabei eine, vielleicht nur zufällig *begleitende* Erscheinung nicht ganz zu übersehen. Das Nordlicht war von großer Intensität während der prachtvollsten aller dieser Naturbegebenheiten, während der, welche Olmsted (12.—13. November 1833) beschrieben hat. Es wurde auch in Bremen 1838 beobachtet, wo aber der periodische Meteorfall minder auffallend als in Richmond bei London war. Ich habe auch in einer anderen Schrift der sonderbaren und mir oft mündlich bestätigten Beobachtung des Admirals Wrangel[51] erwähnt, der an den sibirischen Küsten des Eismeers, während des Nordlichtes, gewisse Regionen des Himmelsgewölbes, die nicht leuchteten, sich stets entzünden und dann fortglühen sah, wenn eine Sternschnuppe sie durchstrich.

Die verschiedenen Meteorströme, jeder aus Myriaden kleiner Weltkörper zusammengesetzt, schneiden wahrscheinlich unsere Erdbahn, wie es der Komet von Biela thut. Die Sternschnuppen-Asteroiden würde man sich nach dieser Ansicht als einen geschlossenen Ring bildend und in demselben einerlei Bahn befolgend vorstellen können. Die sogenannten *kleinen* Planeten zwischen Mars und Jupiter bieten uns, mit Ausschluß der Pallas, in ihren so engverschlungenen Bahnen ein analoges Verhältnis dar. Ob Veränderungen in den Epochen, zu welchen der Strom uns sichtbar wird, ob Verspätungen der Erscheinungen, auf die ich schon lange aufmerksam gemacht habe, ein regelmäßiges Fortrücken oder Schwanken der Knoten (der Durchschnittspunkte der Erdbahn und der Ringe) andeuten, oder ob bei ungleicher Gruppierung und bei sehr ungleichen Abständen der kleinen Körper voneinander die Zone eine so beträchtliche Breite hat, daß die Erde sie erst in mehreren Tagen durchschneiden kann, darüber ist jetzt noch nicht zu entscheiden. Das Mondsystem des Saturn zeigt uns eben-

falls eine Gruppe innigst miteinander verbundener Weltkörper von ungeheurer Breite. In dieser Saturnsgruppe ist die Bahn des äußersten (siebenten) Mondes von einem so beträchtlichen Durchmesser, daß die Erde in ihrer Bahn um die Sonne einen gleichen Raum erst in drei Tagen zurücklegen würde. Wenn in einem der geschlossenen Ringe, welche wir uns als die Bahnen der periodischen Ströme bezeichnend denken, die Asteroiden dergestalt ungleich verteilt sind, daß es nur wenige dicht gedrängte und schwarmerregende Gruppen darin gibt, so begreift man, warum glänzende Phänomene wie die im November 1799 und 1833 überaus selten sind. Der scharfsinnige Olbers war geneigt, die Wiederkehr der großen Erscheinung, in der Sternschnuppen mit Feuerkugeln gemengt wie Schneeflocken fielen, erst für den 12.–14. November 1867 zu verkündigen.

Bisweilen ist der Strom der November-Asteroiden nur in einem schmalen Erdraume sichtbar geworden. So zeigte er sich z. B. im Jahre 1837 in England in großer Pracht als meteoric shower, während daß ein sehr aufmerksamer und geübter Beobachter zu Braunsberg in Preußen in derselben Nacht, die dort ununterbrochen heiter war, von 7 Uhr abends bis Sonnenaufgang nur einige wenige, sporadisch fallende Sternschnuppen sah. Bessel schloß [52] daraus, „daß eine wenig ausgedehnte Gruppe des großen mit jenen Körpern gefüllten Ringes in England bis zur Erde gelangt ist, während daß eine östlich gelegene Länderstrecke durch eine verhältnismäßig leere Gegend des Meteorringes ging". Erhält die Annahme eines regelmäßigen Fortrückens oder eines durch Perturbationen verursachten Schwankens der Knotenlinie mehr Wahrscheinlichkeit, so gewinnt das Auffinden älterer Beobachtungen ein besonderes Interesse. Die chinesischen Annalen, in denen neben der Erscheinung von Kometen auch große Sternschnuppenschwärme angegeben werden, reichen bis über die Zeiten des Tyrtäus oder des zweiten messenischen Krieges hinaus. Sie beschreiben zwei Ströme im Märzmonat, deren einer 687 Jahre älter als unsere christliche Zeitrechnung ist. Eduard Biot hat schon bemerkt, daß unter den 52 Erscheinungen, welche er in den chinesischen Annalen gesammelt, die am häufigsten wiederkehrenden die wären, welche dem 20.—22. Juli (a. St.) nahe liegen und daher wohl der, jetzt vorgerückte Strom des heil. Laurentius sein könnten. [53] Ist der von Boguslawski dem Sohne in Benessi de Horowic Chronicon Ecclesiae Pragensis aufgefundene Sternschnuppenfall vom 21. Oktober 1366

(a. St.) unser jetziges November-Phänomen, aber damals bei hellem Tage gesehen, so lehrt die Fortrückung in 477 Jahren, daß dies Sternschnuppensystem (d. i. sein gemeinschaftlicher Schwerpunkt) eine rückläufige Bahn um die Sonne beschreibt. Es folgt auch aus den hier entwickelten Ansichten, daß, wenn Jahre vergehen, in denen beide bisher erforschte Ströme (der November- und der Laurentiusstrom) in keinem Teile der Erde beobachtet würden, die Ursache davon entweder in der Unterbrechung des Ringes (d. h. in den Lücken, welche die aufeinander folgenden Asteroidengruppen lassen) oder, wie Poisson will, in der Einwirkung der größeren Planeten[54] auf die Gestalt und Lage des Ringes liegt.

Die festen Massen, welche man bei Nacht aus Feuerkugeln, bei Tage und meist bei heiterem Himmel, aus einem kleinen dunkeln Gewölk unter vielem Getöse und beträchtlich erhitzt (doch nicht rotglühend) zur Erde fallen sieht, zeigen im ganzen, ihrer äußeren Form, der Beschaffenheit ihrer Rinde und der chemischen Zusammensetzung ihrer Hauptbestandteile nach, eine unverkennbare Uebereinstimmung. Sie zeigen dieselbe durch alle Jahrhunderte und in den verschiedensten Regionen der Erde, in denen man sie gesammelt hat. Aber eine so auffallende und früh behauptete physiognomische Gleichheit der dichten Meteormassen leidet im einzelnen mancherlei Ausnahmen. Wie verschieden sind die leicht schmiedbaren Eisenmassen von Hradschina im Agramer Komitate, oder die von den Ufern des Sisim in dem Jenisseisker Gouvernement, welche durch Pallas berühmt geworden sind, oder die, welche ich aus Mexiko mitgebracht, Massen, die alle $^{96}/_{100}$ Eisen enthalten, von den Aerolithen von Siena, deren Eisengehalt kaum $^{2}/_{100}$ beträgt, von dem erdigen, in Wasser zerfallenden Meteorstein von Alais (im Departement du Gard), und von Jonzac und Juvenas, die ohne metallisches Eisen, ein Gemenge oryktognostisch unterscheidbarer, kristallinisch gesonderter Bestandteile darbieten! Diese Verschiedenheiten haben auf die Einteilung der kosmischen Massen in zwei Klassen: nickelhaltiges Meteoreisen und fein- oder grobkörnige Meteorsteine, geführt. Sehr charakteristisch ist die, nur einige Zehntel einer Linie dicke, oft pechartig glänzende, bisweilen geäderte Rinde.[55] Sie hat bisher, soviel ich weiß, nur im Meteorstein von Chantonnay in der Vendée gefehlt, der dagegen, was ebenso selten ist, Poren und Blasenräume wie der Meteorstein von Juvenas zeigt. Ueberall ist die schwarze

Rinde von der hellgrauen Masse ebenso scharf abgeschnitten als der schwarze bleifarbene Ueberzug der weißen Granitblöcke, die ich aus den Katarakten des Orinoko mitgebracht und die auch vielen Katarakten anderer Erdteile (z. B. dem Nil- und dem Kongoflusse) eigen sind. Im stärksten Feuer der Porzellanöfen kann man nichts hervorbringen, was der so rein von der unveränderten Grundmasse abgeschiedenen Rinde der Aerolithen ähnlich wäre. Man will zwar hie und da etwas bemerkt haben, was auf das Einkneten von Fragmenten könnte schließen lassen; aber im allgemeinen deuten die Beschaffenheit der Grundmasse, der Mangel von Abplattung durch den Fall, und die nicht sehr beträchtliche Erhitzung bei erster Berührung des eben gefallenen Meteorsteins keineswegs auf das Geschmolzensein des Inneren in dem schnell zurückgelegten Wege von der Grenze der Atmosphäre zur Erde hin.

Die chemischen Elemente, aus denen die Meteormassen bestehen und über welche Berzelius ein so großes Licht verbreitet hat, sind dieselben, welche wir zerstreut in der Erdrinde antreffen: 8 Metalle (Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Chrom, Kupfer, Arsenik und Zinn), 5 Erdarten: Kali und Natron, Schwefel, Phosphor und Kohle; im ganzen $^1/_3$ aller uns bisher bekannten sogenannten einfachen Stoffe.[56] Trotz dieser Gleichheit der letzten Bestandteile, in welche unorganische Körper chemisch zersetzt werden, hat das Ansehen der Meteormassen doch durch die Art der Zusammensetzung ihrer Bestandteile im allgemeinen etwas Fremdartiges, den irdischen Gebirgsarten und Felsmassen Unähnliches. Das fast in allen eingesprengte gediegene Eisen gibt ihnen einen eigentümlichen, aber deshalb nicht selenitischen Charakter: denn auch in anderen Welträumen und Weltkörpern, außerhalb des Mondes, kann Wasser ganz fehlen und können Oxydationsprozesse selten sein.

Die kosmischen Schleimblasen, die organischen nostokähnlichen Massen, welche den Sternschnuppen seit dem Mittelalter zugeschrieben werden, die Schwefelkiese von Sterlitamak (westlich vom Uralgebirge), die das Innere von Hagelkörnern sollen gebildet haben, gehören zu den Mythen der Meteorologie. Nur das feinkörnige Gewebe, nur die Einmengung von Olivin, Augit und Labrador[57] geben einigen Aerolithen (z. B. den doleritähnlichen von Juvenas im Ardèche-Departement), wie Gustav Rose gezeigt hat, ein mehr heimisches Ansehn. Diese enthalten nämlich kristallinische Substanzen, ganz denen unserer Erdrinde gleich, und in der

sibirischen Meteoreisenmasse von Pallas zeichnet sich der Olivin nur durch Mangel von Nickel aus, der dort durch Zinnoxyd ersetzt ist. Da die Meteorolivine, wie die unserer Basalte, 47 bis 49 Hundertteile Talkerde enthalten und in den Meteorsteinen nach Berzelius meist die Hälfte der erdigen Bestandteile ausmachen, so muß man nicht über den großen Gehalt an Silikaten von Talkerde in diesen kosmischen Massen erstaunen. Wenn der Aerolith von Juvenas trennbare Kristalle von Augit und Labrador enthält, so wird es durch das numerische Verhältnis der Bestandteile aufs wenigste wahrscheinlich, daß die Meteormassen von Chateau Renard ein aus Hornblende und Albit bestehender Diorit, die von Blansko und Chantonnay ein Gemenge von Hornblende und Labrador sind. Die Beweise, welche man von den eben berührten oryktognostischen Aehnlichkeiten für einen *tellurischen* und *atmosphärischen* Ursprung der Aerolithen hernehmen will, scheinen mir nicht von großer Stärke. Warum sollten, und ich könnte mich auf ein merkwürdiges Gespräch von Newton und Conduit in Kensington berufen,[58] die Stoffe, welche zu *einer* Gruppe von Weltkörpern, zu *einem* Planetensysteme gehören, nicht großenteils dieselben sein können? warum sollten sie es nicht, wenn man vermuten darf, daß diese Planeten, wie alle größeren und kleineren geballten um die Sonne kreisenden Massen, sich aus der einigen, einst weit ausgedehnteren Sonnenatmosphäre, wie aus dunstförmigen Ringen abgeschieden haben, die anfänglich um den Centralkörper ihren Kreislauf beschrieben? Wir sind, glaube ich, nicht mehr berechtigt, Nickel und Eisen, Olivin und Pyroxen (Augit) in den Meteorsteinen ausschließlich irdisch zu nennen, als ich mir erlauben würde deutsche Pflanzen, die ich jenseits des Obi fand, als europäische Arten der nordasiatischen Flora zu bezeichnen. Sind in einer Gruppe von Weltkörpern verschiedenartiger Größe die Elementarstoffe dieselben, warum sollten sie nicht auch, ihrer gegenseitigen Anziehung folgend, sich nach bestimmten Mischungsverhältnissen gestalten können? in der Polarzone des Mars zu weißglänzendem Schnee und Eis, in anderen, kleineren kosmischen Massen zu Gebirgsarten, welche Olivin-, Augit- und Labradorkristalle einschließen? Auch in der Region des bloß Mutmaßlichen darf nicht eine ungeregelte, auf alle Induktion verzichtende Willkür der Meinungen herrschen.

Wundersame, nicht durch vulkanische Asche oder Höherauch (Moorrauch) erklärbare Verfinsterungen der Sonnenscheibe,

während Sterne bei vollem Mittag zu sehen waren (wie die dreitägige Verfinsterung im Jahre 1547 um die Zeit der verhängnisvollen Schlacht bei Mühlberg), wurden von Kepler bald einer materia cometica, bald einem schwarzen Gewölk, das rußige Ausdünstungen des Sonnenkörpers erzeugen, zugeschrieben. Kürzere, drei- und sechsstündige Verdunkelungen in den Jahren 1090 und 1203 erklärten Chladni und Schnurrer durch vorbeiziehende Meteormassen. Seitdem die Sternschnuppenströme, nach der Richtung ihrer Bahn, als ein geschlossener Ring betrachtet werden, sind die Epochen jener rätselhaften Himmelserscheinungen in einen merkwürdigen Zusammenhang mit den regelmäßig wiederkehrenden Sternschnuppenschwärmen gesetzt worden. Adolf Erman hat mit vielem Scharfsinn und genauer Zergliederung der bisher gesammelten Thatsachen auf das Zusammentreffen der Konjunktion der Sonne sowohl mit den August-Asteroiden (7. Februar) als mit den November-Asteroiden (12. Mai, um die Zeit der im Volksglauben verrufenen kalten Tage Mamertus, Pankratius und Servatius) aufmerksam gemacht.[59]

Die griechischen Naturphilosophen, der größeren Zahl nach wenig zum Beobachten geneigt, aber beharrlich und unerschöpflich in der vielfältigsten Deutung des Halbwahrgenommenen, haben über Sternschnuppen und Meteorsteine Ansichten hinterlassen, von denen einige mit den jetzt ziemlich allgemein angenommenen von dem kosmischen Vorgange der Erscheinungen auffallend übereinstimmen. „Sternschnuppen," sagt Plutarch[60] im Leben des Lysander, „sind nach der Meinung einiger Physiker nicht Auswürfe und Abflüsse des ätherischen Feuers, welches in der Luft unmittelbar nach der Entzündung und Entflammung der Luft, die in der oberen Region sich in Menge aufgelöst habe; sie sind vielmehr *ein Fall himmlischer Körper*, dergestalt, daß sie *durch eine gewisse Nachlassung der Schwungkraft* und durch den Wurf einer unregelmäßigen Bewegung herabgeschleudert werden, nicht bloß nach der bewohnten Erde, sondern auch außerhalb in das große Meer, weshalb man dann sie nicht findet." Noch deutlicher spricht sich Diogenes von Apollonia aus. Nach seiner Ansicht „bewegten sich, zusammen mit den sichtbaren, *unsichtbare Sterne*, die eben deshalb keine Namen haben. Diese fallen oft auf die Erde herab und erlöschen, wie der bei Aegos Patomoi feurig herabgefallene *steinerne Stern*." Der Apolloniate, welcher auch alle übrigen

Gestirne (die leuchtenden) für bimssteinartige Körper hält, gründete wahrscheinlich seine Meinung von Sternschnuppen und Meteormassen auf die Lehre des Anaxagoras von Klazomenä; der sich alle Gestirne (alle Körper im Weltraume) „als Felsstücke" dachte, „die der feurige Aether in der Stärke seines Umschwunges von der Erde abgerissen und, entzündet, zu Sternen gemacht habe." In der ionischen Schule fielen also, nach der Deutung des Diogenes von Apollonia, wie sie uns überliefert worden ist, Aerolithen und Gestirne in eine und dieselbe Klasse. Beide sind der ersten Entstehung nach gleich tellurisch, aber nur in dem Sinne, als habe die Erde, als Centralkörper einst, [61] um sich her alles so gebildet, wie, nach unseren heutigen Ideen, die Planeten eines Systems aus der erweiterten Atmosphäre eines anderen Centralkörpers, der Sonne, entstehen. Diese Ansichten sind also nicht mit dem zu verwechseln, was man gemeinhin tellurischen oder atmosphärischen Ursprung der Meteorsteine nennt, oder gar mit der wunderbaren Vermutung des Aristoteles, nach welcher die ungeheure Masse von Aegos Potamoi durch Sturmwinde gehoben worden sei.

Eine vornehm thuende Zweifelsucht, welche Thatsachen verwirft, ohne sie ergründen zu wollen, ist in einzelnen Fällen fast noch verderblicher als unkritische Leichtgläubigkeit. Beide hindern die Schärfe der Untersuchung. Obgleich seit drittehalbtausend Jahren die Annalen der Völker von Steinfällen erzählen, mehrere Beispiele derselben durch unverwerfliche Augenzeugen außer allem Zweifel gesetzt waren, die Bätylien einen wichtigen Teil des Meteorkultus der Alten ausmachten, und die Begleiter von Cortes in Cholula den Aerolithen sahen, welcher auf die nahe Pyramide gefallen war; obgleich Kalifen und mongolische Fürsten sich von frischgefallenen Meteorsteinen hatten Schwerter schmieden lassen, ja Menschen durch vom Himmel gefallene Steine erschlagen wurden (ein Frate zu Crema am 4. September 1511, ein anderer Mönch in Mailand 1650, zwei schwedische Matrosen auf einem Schiffe 1674), so ist doch bis auf Chladni, der schon durch die Entdeckung seiner Klangfiguren sich ein unsterbliches Verdienst um die Physik erworben hatte, ein so großes kosmisches Phänomen fast unbeachtet, in seinem innigen Zusammenhange mit dem übrigen Planetensysteme unerkannt geblieben. Wer aber durchdrungen ist von dem Glauben an diesen Zusammenhang, den kann, wenn er für geheimnisvolle Natureindrücke empfänglich ist, nicht etwa bloß die glänzende Erscheinung der Meteor-

schwärme, wie im November-Phänomen und in der Nacht des heil. Laurentius, sondern auch jeder einsame Sternenschuß mit ernsten Betrachtungen erfüllen. Hier tritt plötzlich Bewegung auf mitten in dem Schauplatz nächtlicher Ruhe. Es belebt und es regt sich auf Augenblicke in dem stillen Glanze des Firmaments. Wo mit mildem Lichte die Spur des fallenden Sternes aufglimmt, versinnlicht sie am Himmelsgewölbe das Bild einer meilenlangen Bahn; die brennenden Asteroiden erinnern uns an das Dasein eines überall stofferfüllten Weltraums. Vergleichen wir das Volum des innersten Saturnstrabanten oder das der Ceres mit dem ungeheuren Volum der Sonne, so verschwinden in unserer Einbildungskraft die Verhältnisse von groß und klein. Schon das Verlöschen plötzlich auflodernder Gestirne in der Kassiopeia, im Schwan und im Schlangenträger führt zu der Annahme dunkler Weltkörper. In kleine Massen geballt, kreisen die Sternschnuppen-Asteroiden um die Sonne, durchschneiden kometenartig die Bahnen der leuchtenden großen Planeten und entzünden sich, der Oberfläche unseres Dunstkreises nahe oder in den obersten Schichten desselben.

Mit allen anderen Weltkörpern, mit der ganzen Natur jenseits unserer Atmosphäre stehen wir nur im Verkehr mittels des Lichtes, mittels der Wärmestrahlen, die kaum vom Lichte zu trennen sind,[62] und durch die geheimnisvollen Anziehungskräfte, welche ferne Massen nach der Quantität ihrer Körperteile auf unseren Erdball, auf den Ozean und die Luftschichten ausüben. Eine ganz andere Art des kosmischen, recht eigentlich materiellen Verkehrs erkennen wir im Fall der Sternschnuppen und Meteorsteine, wenn wir sie für planetarische Asteroiden halten. Es sind nicht mehr Körper, die aus der Ferne bloß durch Erregung von Schwingungen leuchtend oder wärmend einwirken, oder durch Anziehung bewegen oder bewegt werden: es sind materielle Teile selbst, welche aus dem Weltraume in unsere Atmosphäre gelangen und unserem Erdkörper verbleiben. Wir erhalten durch einen Meteorstein die einzig mögliche Berührung von etwas, das unserm Planeten fremd ist. Gewöhnt, alles Nichttellurische nur durch Messung, durch Rechnung, durch Vernunftschlüsse zu kennen, sind wir erstaunt, zu betasten, zu wiegen, zu zersetzen, was der Außenwelt angehört. So wirkt auf unsere Einbildungskraft eine reflektierende, geistige Belebung der Gefühle, da wo der gemeine Sinn nur verlöschende Funken am heiteren Himmelsgewölbe, wo er im

schwarzen Steine, der aus der krachenden Wolke herabstürzt, nur das rohe Produkt einer wilden Naturkraft sieht.

Wenn die Asteroidenschwärme, bei denen wir mit Vorliebe lange verweilt haben, durch ihre geringe Masse und die Mannigfaltigkeit ihrer Bahnen sich gewissermaßen den Kometen anschließen, so unterscheiden sie sich dagegen wesentlich dadurch, daß wir ihre Existenz fast nur in dem Augenblick ihrer Zerstörung kennen lernen, wenn sie, von der Erde gefesselt, leuchtend werden und sich entzünden. Um aber das Ganze von dem zu umfassen, was zu unserem, seit der Entdeckung der kleinen Planeten, der inneren Kometen von kurzem Umlaufe und der Meteorasteroiden so kompliziert und formenreich erscheinenden Sonnensysteme gehört, bleibt uns der Ring des Tierkreislichtes übrig, dessen wir schon früher mehrmals erwähnt haben. Wer jahrelang in der Palmenzone gelebt hat, dem bleibt eine liebliche Erinnerung von dem milden Glanze, mit dem das Tierkreislicht, pyramidal aufsteigend, einen Teil der immer gleich langen Tropennächte erleuchtet. Ich habe es, und zwar nicht bloß in der dünnen und trockenen Atmosphäre der Andesgipfel auf zwölf- oder vierzehntausend Fuß (3900—4450 m) Höhe, sondern auch in den grenzenlosen Grasfluren (Llanos) von Venezuela, wie am Meeresufer unter dem ewig heiteren Himmel von Cumana, bisweilen intensiv leuchtender als die Milchstraße im Schützen gesehen. Von einer ganz besonderen Schönheit war die Erscheinung, wenn kleines duftiges Gewölk sich auf dem Zodiakallichte projizierte und sich malerisch abhob von dem erleuchteten Hintergrunde. Eine Stelle meines Tagebuches auf der Schiffahrt von Lima nach der westlichen Küste von Mexiko gedenkt dieses Luftbildes: „Seit 3 oder 4 Nächten (zwischen 10° und 14° nördlicher Breite) sehe ich das Zodiakallicht in einer Pracht, wie es mir nie noch erschienen ist. In diesem Teile der Südsee ist, auch nach dem Glanze der Gestirne und Nebelflecke zu urteilen, die Durchsichtigkeit der Atmosphäre wundervoll groß. Vom 14. bis 19. März war sehr regelmäßig, ¾ Stunden nachdem die Sonnenscheibe sich in das Meer getaucht hatte, keine Spur vom Tierkreislichte zu sehen, obgleich es völlig finster war. Eine Stunde nach Sonnenuntergang wurde es auf einmal sichtbar, in großer Pracht zwischen Aldebaran und den Plejaden am 18. März 39° 5′ Höhe erreichend. Schmale langgedehnte Wolken erscheinen zerstreuet in lieblichem Blau, tief am Horizont, wie vor einem gelben Teppich. Die oberen

spielen von Zeit zu Zeit in bunten Farben. Man glaubt, es sei ein zweiter Untergang der Sonne. Gegen diese Seite des Himmelsgewölbes hin scheint uns dann die Helligkeit der Nacht zuzunehmen, fast wie im ersten Viertel des Mondes. Gegen 10 Uhr war das Zodiakallicht hier in der Südsee gewöhnlich schon sehr schwach, um Mitternacht sah ich nur eine Spur desselben. Wenn es den 16. März am stärksten leuchtete, so ward gegen Osten ein Gegenschein von mildem Lichte sichtbar." In unserer trüben, sogenannten gemäßigten, nördlichen Zone ist das Tierkreislicht freilich nur im Anfang des Frühlings nach der Abenddämmerung über dem westlichen, am Ende des Herbstes vor der Morgendämmerung über dem östlichen Horizonte deutlich sichtbar.

Es ist schwer zu begreifen, wie eine so auffallende Naturerscheinung erst um die Mitte des 17. Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Physiker und Astronomen auf sich gezogen hat: wie dieselbe den vielbeobachtenden Arabern im alten Baktrien, am Euphrat und im südlichen Spanien hat entgehen können. Fast gleiche Verwunderung erregt die späte Beobachtung der erst von Simon Marius und Huygens beschriebenen Nebelflecke in der Andromeda und im Orion. Die erste ganz deutliche Beschreibung des Zodiakallichts ist in Childreys Britannia Baconica[63] vom Jahr 1661 enthalten; die erste Beobachtung mag zwei oder drei Jahre früher gemacht worden sein; doch bleibt dem Dominikus Cassini das unbestreitbare Verdienst, zuerst (im Frühjahr 1683) das Phänomen in allen seinen räumlichen Verhältnissen ergründet zu haben. Was er 1668 zu Bologna, und zu derselben Zeit der berühmte Reisende Chardin in Persien sahen (die Hofastrologen zu Ispahan nannten das von ihnen nie zuvor gesehene Licht nyzek, eine kleine Lanze), war nicht, wie man oft behauptet hat,[64] das Tierkreislicht, sondern der ungeheure Schweif eines Kometen, dessen Kopf sich in den Dünsten des Horizonts verbarg, und der selbst der Lage und Erscheinung nach viel Aehnliches mit dem großen Kometen von 1843 hatte. Mit nicht geringer Wahrscheinlichkeit kann man vermuten, daß das merkwürdige, von der Erde pyramidal aufsteigende Licht, welches man auf der Hochebene von Mexiko 1509, vierzig Nächte lang, am östlichen Himmel beobachtete und dessen Erwähnung ich in einem altaztekischen Manuskripte der kgl. Pariser Bibliothek, im Codex Telleriano Remensis,[65] aufgefunden habe, das Tierkreislicht war.

Die in Europa von Childrey und Dominikus Cassini entdeckte und doch wohl uralte Erscheinung ist nicht die leuchtende Sonnenatmosphäre selbst, da diese nach mechanischen Gesetzen nicht abgeplatteter als im Verhältnis von 2 : 3, und demnach nicht ausgedehnter als bis $^{9}/_{20}$ der Merkursweite sein könnte. Eben diese Gesetze bestimmen, daß bei einem rotierenden Weltkörper, über seinem Aequator, die Höhe der äußersten Grenze der Atmosphäre, der Punkt nämlich, wo Schwere und Schwungkraft im Gleichgewicht sind, nur die ist, in welcher ein Satellit gleichzeitig mit der Achsendrehung des Weltkörpers um diesen laufen würde. Eine *solche Beschränktheit* der Sonnenatmosphäre in ihrem *jetzigen* konzentrierten Zustande wird besonders auffallend, wenn man den Centralkörper unseres Systems mit dem Kern anderer Nebelsterne vergleicht. Herschel hat mehrere aufgefunden, in denen der Halbmesser des Nebels, welcher den Stern umgibt, unter einem Winkel von 150″ erscheint. Bei der Annahme einer Parallaxe, die nicht ganz 1″ erreicht, findet man die äußerste Nebelschicht eines solchen Sternes 150mal weiter von seinem Centrum entfernt, als es die Erde von der Sonne ist. Stünde der Nebelstern also an der Stelle unserer Sonne, so würde seine Atmosphäre nicht bloß die Uranusbahn einschließen, sondern sich noch achtmal weiter als diese erstrecken.[66]

Unter der eben geschilderten engen Begrenzung der Sonnenatmosphäre, ist mit vieler Wahrscheinlichkeit als materielle Ursache des Zodiakallichtes die Existenz eines zwischen der Venus- und Marsbahn frei im Weltraume kreisenden, sehr abgeplatteten *Ringes*[67] dunstartiger Materie zu betrachten. Von seinen eigentlichen körperlichen Dimensionen, von seiner Vergrößerung durch Ausströmung der Schweife vieler Myriaden von Kometen, die in die Sonnennähe kommen, von der sonderbaren Veränderlichkeit seiner Ausdehnung, da er bisweilen sich nicht über unsere Erdbahn hinaus zu erstrecken scheint, endlich von seinem mutmaßlichen inneren Zusammenhange mit dem in der Nähe der Sonne mehr kondensierten Weltdunste ist wohl für jetzt nichts Sicheres zu berichten.[68] Die dunstförmigen Teilchen, aus welchen der Ring besteht und die nach planetarischen Gesetzen um die Sonne zirkulieren, können entweder selbstleuchtend oder von der Sonne erleuchtet sein. Selbst ein irdischer Nebel (und diese Thatsache ist sehr merkwürdig) hat sich 1743, zur Zeit des Neumondes, mitten in der Nacht so phosphorisch erwiesen, daß

man Gegenstände in 600 Fuß (195 m) Entfernung [69] deutlich erkennen konnte.

In dem Tropenklima von Südamerika hat mich bisweilen die veränderliche Lichtstärke des Zodiakalscheins in Erstaunen gesetzt. Da ich mehrere Monate lang, an den Flußufern und in den Grasebenen (Llanos), die heiteren Nächte in freier Luft zubrachte, so hatte ich Gelegenheit, die Erscheinung mit Sorgfalt zu beobachten. Wenn das Zodiakallicht eben am stärksten gewesen war, so wurde es bisweilen wenige Minuten nachher merklich geschwächt, bis es plötzlich in seinem vollen Glanze wieder auftrat. In einzelnen Fällen glaubte ich — nicht etwa eine rötliche Färbung, oder eine untere bogenförmige Verdunkelung, oder gar ein Funkensprühen, wie es Mairan angibt — wohl aber eine Art von Zucken und Flimmern zu bemerken. Gehen dann Prozesse in dem Dunstringe selbst vor? oder ist es nicht wahrscheinlicher, daß, während ich an den meteorologischen Instrumenten, nahe am Boden in der unteren Luftregion, keine Veränderung der Wärme oder Feuchtigkeit wahrnahm, ja während mir kleine Sterne fünfter und sechster Größe in gleicher ungeschwächter Lichtstärke zu leuchten schienen, in den obersten Luftschichten Verdichtungen vorgingen, welche die Durchsichtigkeit oder vielmehr die Lichtreflexion auf eine eigentümliche, uns unbekannte Weise modifizierten? Für die Annahme solcher meteorologischer Ursachen an der Grenze unseres Luftkreises sprechen auch die von dem scharfsinnigen Olbers [70] beobachteten „Aufloderungen und Pulsationen, welche einen ganzen Kometenschweif in wenigen Sekunden durchzittern, und bei denen derselbe sich bald um mehrere Grade verlängert, bald darauf wieder verkürzt. Da die einzelnen Teile des Millionen von Meilen langen Schweifes sehr ungleich von der Erde entfernt sind, so können nach den Gesetzen der Geschwindigkeit und Fortpflanzung des Lichts wirkliche Veränderungen in einem ungeheure Räume ausfüllenden Weltkörper nicht von uns in so kurzen Intervallen gesehen werden." Diese Betrachtungen schließen keineswegs die Realität veränderter Ausströmung um die verdichteten Kernhüllen eines Kometen aus; nicht die Realität plötzlich eintretender Aufheiterungen des Zodiakallichts durch innere Molekularbewegung, durch vermehrte oder verminderte Lichtreflexion in dem Weltdunste des Lichtringes: sie sollen nur aufmerksam machen auf den Unterschied von dem, was der Himmelsluft (dem Weltraume selbst) oder den irdischen Luftschichten zugehört,

durch die wir sehen. Was an der, ohnedies mannigfaltig bestrittenen, oberen Grenze unserer Atmosphäre vorgeht, ist, wie wohl beobachtete Thatsachen zeigen, keineswegs vollständig zu erklären. Die wundersame Erhellung ganzer Nächte, in denen man in den Breiten von Italien und dem nördlichen Deutschland im Jahre 1831 kleine Schrift um Mitternacht lesen konnte, steht in klarem Widerspruch mit allem, was wir nach den neuesten und schärfsten Untersuchungen über die Crepuskulartheorie und über die Höhe der Atmosphäre wissen. Von noch unergründeten Bedingungen hangen Lichtphänomene ab, deren Veränderlichkeit in der Dämmerungsgrenze, wie in dem Zodiakallichte uns in Verwunderung setzt.

Wir haben bis hierher betrachtet, was zu unserer Sonne gehört, die Welt der Gestaltungen, welche von ihr regiert wird, Haupt- und Nebenplaneten, Kometen von kurzer und langer Umlaufszeit, meteorförmige Asteroiden, die sporadisch oder in geschlossenen Ringen, wie in Ströme zusammengedrängt sich bewegen; endlich einen leuchtenden Nebelring, welcher der Erdbahn nahe um die Sonne kreist und dem, seiner Lage wegen, der Name des Zodiakallichtes verbleiben kann. Ueberall herrscht das Gesetz der Wiederkehr in den Bewegungen, so verschieden auch das Maß der Wurfgeschwindigkeit oder die Menge der zusammengeballten materiellen Teile ist; nur die Asteroiden, die aus dem Weltraume in unseren Dunstkreis fallen, werden in der Fortsetzung ihres planetarischen Umschwunges gehemmt und einem größeren Planeten angeeignet. In dem Sonnensystem, dessen Grenzen die anziehende Kraft des Centralkörpers bestimmt, werden Kometen bis zu einer Ferne von 44 Uranusweiten in ihrer elliptischen Laufbahn zur Wiederkehr umgelenkt; ja in diesen Kometen selbst, deren Kern uns, bei der geringen Masse, welche sie enthalten, wie ein hinziehendes kosmisches Gewölk erscheint, fesselt dieser Kern, durch seine Anziehung, noch die äußersten Teile des Schweifes in einer viele Millionen Meilen langen Ausströmung. So sind die Centralkräfte die bildenden, gestaltenden, aber auch die erhaltenden Kräfte eines Systems.

Unsere Sonne kann in Beziehung auf alle wiederkehrenden zu ihr gehörigen, großen und kleinen, dichten und fast nebelartigen Weltkörper als ruhend betrachtet werden, doch um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt des ganzen Systemes kreisend, welcher bisweilen in sie selbst fällt, d. h. trotz der

veränderlichen Stellung der Planeten bisweilen in ihrem körperlichen Umfange beharrt. Ganz verschieden von dieser Erscheinung ist die translatorische Bewegung der Sonne, die fortschreitende Bewegung des Schwerpunkts des ganzen Sonnensystems im Weltraume. Sie geschieht mit einer solchen Schnelligkeit,[71] daß, nach Bessel, die relative Bewegung der Sonne und des 61. Sterns im Schwan nicht minder, in einem Tage, als 834000 geographische Meilen (6188650 km) beträgt. Dieser Ortsveränderung des ganzen Sonnensystems würden wir unbewußt bleiben, wenn nicht durch die bewundernswürdige Genauigkeit der jetzigen astronomischen Meßinstrumente und durch die Fortschritte der beobachtenden Astronomie unter Fortrücken an fernen Sternen, wie an Gegenständen eines scheinbar bewegten Ufers, merklich würde. Die eigene Bewegung des 61. Sterns im Sternbild des Schwans z. B. ist so beträchtlich, daß sie in 700 Jahren schon bis zu einem ganzen Grade wird angewachsen sein.

Das Maß oder die Quantität solcher Veränderungen am Fixsternhimmel (Veränderungen in der relativen Lage selbstleuchtender Gestirne gegeneinander) ist mit mehr Sicherheit zu bestimmen als die Erscheinung selbst genetisch zu deuten. Wenn auch schon abgezogen worden, was dem Vorrücken der Nachtgleichen und der Nutation der Erdachse, als Folge der Einwirkung der Sonne und des Mondes auf die sphäroidische Gestalt der Erde; was der Fortpflanzung, d. i. Abirrung, des Lichtes, und der durch die diametral entgegengesetzte Stellung der Erde in ihrem Umlauf um die Sonne erzeugten Parallaxe zugehört: so ist in der übrig bleibenden jährlichen Bewegung der Fixsterne doch immer noch zugleich enthalten, was die Folge der Translation des ganzen Sonnensystems im Weltraume und die Folge der eigenen wirklichen Bewegung der Sterne ist. Die schwierige numerische Sonderung dieser beiden Elemente der eigenen und der scheinbaren Bewegung hat man durch die sorgfältige Angabe der Richtungen in der Bewegung der einzelnen Sterne und durch die Betrachtung möglich gemacht, daß, wenn alle Sterne in absoluter Ruhe wären, sie sich perspektivisch von dem Punkte entfernen würden, gegen den die Sonne ihren Lauf richtet. Das Endresultat der Untersuchung, welches die Wahrscheinlichkeitsrechnung bestätigt, ist gewesen, daß beide, unser Sonnensystem und die Sterne, ihren Ort im Weltraum verändern. Nach der vortrefflichen Untersuchung von Argelander, der (in Åbo) die von

Wilhelm Herschel und Prevost unternommene Arbeit erweitert [72] und ansehnlich vervollkommnet hat, bewegt sich die Sonne gegen das Sternbild des Herkules, und zwar sehr wahrscheinlich nach einem Punkte hin, welcher nach der Kombination von 537 Sternen (für das Aequin. von 1792,5) in 257° 49′,7 A. R.; + 28° 49′,7. Dekl. liegt. Es bleibt in dieser Klasse der Untersuchungen von großer Schwierigkeit, die absolute Bewegung von der relativen zu trennen, und zu bestimmen, was dem Sonnensystem allein zugehört.

Betrachtet man die nicht perspektivischen *eigenen* Bewegungen der Sterne, so scheinen viele gruppenweise in ihrer Richtung entgegengesetzt; und die bisher gesammelten Thatsachen machen es aufs wenigste nicht notwendig, anzunehmen, daß alle Teile unserer Sternenschicht oder gar der gesamten Sterneninseln, welche den Weltraum füllen, sich um einen großen, unbekannten, leuchtenden oder dunkeln Centralkörper bewegen. [73] Das Streben nach den letzten und höchsten Grundursachen macht freilich die reflektierende Thätigkeit des Menschen, wie seine Phantasie, zu einer solchen Annahme geneigt. Schon der Stagirite hatte ausgesprochen, daß „alles, was bewegt wird, auf ein Bewegendes zurückführe, und es nur ein unendliches Verschieben der Ursachen wäre, wenn es nicht ein erstes *unbeweglich Bewegendes* gäbe."

Die gruppenweise so mannigfaltigen Ortsveränderungen der Gestirne, nicht die parallaktischen, der Ortsveränderung des Beobachters unterworfenen, sondern die wirklichen, im Weltraum unausgesetzt fortschreitenden, offenbaren uns auf das unwidersprechlichste, durch eine Klasse von Erscheinungen, durch die Bewegung der *Doppelsterne*, durch das Maß ihrer langsameren oder schnelleren Bewegung in verschiedenen Teilen ihrer elliptischen Bahnen, das Walten der *Gravitationsgesetze auch jenseits unseres Sonnensystems*, in den fernsten Regionen der Schöpfung. Die menschliche Neugier braucht nicht mehr auf diesem Felde in unbestimmten Vermutungen, in der ungemessenen Ideenwelt der Analogieen Befriedigung zu suchen. Sie ist durch die Fortschritte der beobachtenden und rechnenden Astronomie endlich auch hier auf sicheren Boden gelangt. Es ist nicht sowohl die Erstaunen erregende Zahl der bereits aufgefundenen, um einen *außer ihnen* liegenden Schwerpunkt kreisenden, doppelten und vielfachen Sterne (an 2800 bis zum Jahr 1837); es sind die Erweiterung unseres Wissens von den Grundkräften der ganzen

Körperwelt, die Beweise von der allverbreiteten Herrschaft der Massenanziehung, welche zu den glänzendsten Entdeckungen unserer Epoche gehören. Die Umlaufszeit zweifarbiger Doppelsterne bietet die mannigfaltigsten Unterschiede dar; sie erstrecken sich von 43 Jahren, wie in η der Krone, bis zu mehreren Tausenden, wie bei 66 des Walfisches, 38 der Zwillinge und 100 der Fische. Seit Herschels Messungen im Jahr 1782 hat in dem dreifachen Systeme von ζ des Krebses der nähere Begleiter nun schon mehr als einen vollen Umlauf zurückgelegt. Durch geschickte Kombination der veränderten Distanzen und Positionswinkel werden die Elemente der Bahnen gefunden, ja Schlüsse über die absolute Entfernung der Doppelsterne von der Erde und die Vergleichung ihrer Masse mit der Masse der Sonne gezogen. Ob aber hier und in unserem Sonnensystem die Quantität der Materie das alleinige Maß der anziehenden Kräfte sei, oder ob nicht zugleich *spezifische*, nicht der Masse proportionale Attraktionen wirksam sein *können*, wie Bessel zuerst erwiesen hat, ist eine Frage, deren faktische Lösung der späteren Zukunft vorbehalten bleibt.

Wenn wir in der linsenförmigen Sternenschicht, zu der wir gehören, unsere Sonne mit den anderen sogenannten Fixsternen, also mit anderen selbstleuchtenden Sonnen, vergleichen, so finden wir wenigstens bei einigen derselben Wege eröffnet, welche annäherungsweise, innerhalb gewisser äußersten Grenzen, zu der Kenntnis ihrer Entfernung, ihres Volums, ihrer Masse, und der Geschwindigkeit der Ortsveränderung leiten können. Nehmen wir die Entfernung des Uranus von der Sonne zu 19 Erdweiten, d. h. zu 19 Abständen der Sonne von der Erde an, so ist der Centralkörper unseres Planetensystems vom Sterne α im Sternbilde des Centauren 11900, von 61 im Sternbilde des Schwans fast 31300, von α im Sternbilde der Leier 41600 Uranusweiten entfernt. Die Vergleichung des Volums der Sonne mit dem Volum der Fixsterne erster Größe ist von einem äußerst unsicheren optischen Elemente, dem scheinbaren Durchmesser der Fixsterne, abhängig. Nimmt man nun mit Herschel den scheinbaren Durchmesser des Arkturus auch nur zum zehnten Teil einer Sekunde an, so ergibt sich daraus doch der wirkliche *Durchmesser* dieses Sterns noch elfmal größer als der der Sonne.[74] Die durch Bessel bekannt gewordene Entfernung des 61. Sterns des Schwans hat annäherungsweise zu der Kenntnis der Menge von körperlichen Teilen geführt, welche derselbe als Doppelstern enthält.

Unerachtet seit Bradleys Beobachtungen der durchlaufene Teil der scheinbaren Bahn noch nicht groß genug ist, um daraus mit Genauigkeit auf die wahre Bahn und den größten Halbmesser derselben schließen zu können, so ist es doch dem großen Königsberger Astronomen wahrscheinlich geworden, „daß die Masse jenes Doppelsterns nicht beträchtlich kleiner oder größer ist als die Hälfte der Masse unserer Sonne". Dies ist das Resultat einer wirklichen Messung. Analogieen, welche von der größeren Masse der mondenbegleiteten Planeten unseres Sonnensystems und von der Thatsache hergenommen werden, daß Struve sechsmal mehr Doppelsterne unter den helleren Fixsternen als unter den teleskopischen findet, haben andere Astronomen vermuten lassen, daß die Masse der größeren Zahl der Sternenpaare, im Durchschnitt, die Sonnenmasse übertrifft. Allgemeine Resultate sind hier noch lange nicht zu erlangen. In Bezug auf eigene Bewegung im Weltraume gehört unsere Sonne nach Argelander in die Klasse der stark bewegten Fixsterne.

Der Anblick des gestirnten Himmels, die relative Lage der Sterne und Nebelflecke, wie die Verteilung ihrer Lichtmassen, die landschaftliche Anmut des ganzen Firmaments, wenn ich mich eines solchen Ausdrucks bedienen darf, hangen im Lauf der Jahrtausende gleichmäßig ab von der eigenen wirklichen Bewegung der Gestirne und Lichtnebel, von der Translation unseres Sonnensystems im Weltraume, von dem einzelnen Auflodern neuer Sterne und dem Verschwinden oder der plötzlich geschwächten Lichtintensität der älteren, endlich und vorzüglich von den Veränderungen, welche die Erdachse durch die Anziehung der Sonne und des Mondes erleidet. Die schönen Sterne des Centauren und des südlichen Kreuzes werden einst in unseren nördlichen Breiten sichtbar werden, während andere Sterne (Sirius und der Gürtel des Orion) dann niedersinken. Der ruhende Nordpol wird nach und nach durch Sterne des Cepheus (ζ und α) und des Schwans (ε) bezeichnet werden, bis nach 12000 Jahren Wega der Leier als der prachtvollste aller möglichen Polarsterne erscheinen wird. Diese Angaben versinnlichen uns die Größe von Bewegungen, welche in unendlich kleinen Zeitteilen ununterbrochen, wie eine ewige Weltuhr, fortschreiten. Denken wir uns, als ein Traumbild der Phantasie, die Schärfe unserer Sinne übernatürlich bis zur äußersten Grenze des teleskopischen Sehens erhöht, und zusammengedrängt, was durch große Zeitabschnitte

getrennt ist, so verschwindet urplötzlich alle Ruhe des räumlichen Seins. Wir finden die zahllosen Fixsterne sich wimmelnd nach verschiedenen Richtungen gruppenweise bewegen; Nebelflecke wie kosmische Gewölke umherziehen, sich verdichten und lösen, die Milchstraße an einzelnen Punkten aufbrechen und ihren Schleier zerreißen; Bewegung ebenso in jedem Punkte des Himmelsgewölbes walten wie auf der Oberfläche der Erde in den keimenden, blättertreibenden, Blüten entfaltenden Organismen der Pflanzendecke. Der berühmte spanische Botaniker Cavanilles hat zuerst den Gedanken gehabt, „Gras wachsen" zu sehen, indem er in einem stark vergrößernden Fernrohr den horizontalen Mikrometerfaden bald auf die Spitze des Schößlings einer Bambusa, bald auf die des so schnell sich entwickelnden Blütenstengels einer amerikanischen Aloe (Agave americana) richtete: genau wie der Astronom den kulminierenden Stern auf das Fadenkreuz setzt. In dem Gesamtleben der physischen Natur, der organischen wie der siderischen, sind an Bewegung zugleich das Sein, die Erhaltung und das Werden geknüpft.

Das Aufbrechen der Milchstraße, dessen ich oben erwähnte, bedarf hier noch einer besonderen Erläuterung. Wilhelm Herschel, der sichere und bewundernswürdige Führer in diesen Weiträumen, hat durch seine Sterneichungen gefunden, daß die teleskopische Breite der Milchstraße eine sechs bis sieben Grad größere Ausdehnung hat, als unsere Sternkarten und der dem unbewaffneten Auge sichtbare Sternschimmer verkündigen. Die zwei glänzenden Knoten, in welchen die beiden Zweige der Zone sich vereinigen, in der Gegend des Cepheus und der Kassiopeia, wie um den Skorpion und Schützen, scheinen eine kräftige Anziehung auf die benachbarten Sterne auszuüben; zwischen β und γ des Schwans aber, in der glanzvollsten Region, zieht sich von 330000 Sternen, welche in 5° Breite gefunden werden, die eine Hälfte nach einer Seite, die andere nach der entgegengesetzten hin. Hier vermutet Herschel den Aufbruch der Schicht. Die Zahl der unterscheidbaren, durch keinen Nebel unterbrochenen, teleskopischen Sterne der Milchstraße wird auf 18 Millionen geschätzt. Um die Größe dieser Zahl, ich sage nicht zu fassen, aber mit etwas Analogem zu vergleichen, erinnere ich, daß von erster bis sechster Größe am ganzen Himmel nur etwa 8000 Sterne mit bloßen Augen gesehen werden. In dem unfruchtbaren Erstaunen, das Zahl- und Raumgrößen ohne Beziehung auf

die geistige Natur oder das Empfindungsvermögen des Menschen erregen, begegnen sich übrigens die Extreme des Räumlichen, die Weltkörper mit dem kleinsten Tierleben. Ein Kubikzoll des Polierschiefers von Bilin enthält, nach Ehrenberg, 40 000 Millionen von kieselartigen Panzern der Gallionellen.

Der Milchstraße der Sterne, welcher nach Argelanders scharfsinniger Bemerkung überhaupt die helleren Sterne des Firmaments merkwürdig genähert erscheinen, steht beinahe rechtwinkelig eine Milchstraße von Nebelflecken entgegen. Die erstere bildet nach Sir John Herschels Ansichten einen Ring, einen freistehenden, von der linsenförmigen Sterneninsel etwas fernen Gürtel, ähnlich dem Ring des Saturn. Unser Planetensystem liegt exzentrisch, der Gegend des Kreuzes näher als dem diametral gegenüberliegenden Punkte, der Kassiopeia.[75] In einem von Messier 1774 entdeckten, aber unvollkommen gesehenen Nebelflecke scheint das Bild unserer Sternenschicht und des geteilten Ringes unserer Milchstraße mit wundervoller Aehnlichkeit gleichsam abgespiegelt.[76] Die Milchstraße der Nebelflecke gehört nicht unserer Sternschicht selbst an; sie umgibt dieselbe, ohne physischen Zusammenhang mit ihr, in großer Entfernung, und zieht sich hin, fast in der Gestalt eines größten Kreises, durch die dichten Nebel der Jungfrau (besonders am nördlichen Flügel), durch das Haupthaar der Berenike, den großen Bären, den Gürtel der Andromeda und den nördlichen Fisch. Sie durchschneidet wahrscheinlich in der Kassiopeia die Milchstraße der Sterne, und verbindet ihre sternarmen, durch haufenbildende Kraft verödeten Pole[77] da, wo die Sternschicht räumlich die mindere Dicke hat.

Es folgt aus diesen Betrachtungen, daß, während unser Sternhaufe in seinen auslaufenden Aesten Spuren großer, im Laufe der Zeit vorgefallener Umbildungen an sich trägt und, durch sekundäre Anziehungspunkte, sich aufzulösen und zu zersetzen strebt; derselbe von zwei Ringen: einem sehr fernen, der Nebel, und einem näheren, der Sterne, umgeben wird. Dieser letztere Ring (unsere Milchstraße) ist ein Gemisch von nebellosen Sternen, im Durchschnitte von zehnter bis elfter Größe, einzeln aber betrachtet sehr verschiedenartiger Größe, während isolierte Sternhaufen (Sternschwärme) fast immer den Charakter der Gleichartigkeit haben.

Ueberall, wo mit mächtigen, raumdurchdringenden Fernröhren das Himmelsgewölbe durchforscht ist, werden Sterne,

seien es auch nur teleskopische 20. bis 24. Ordnung, oder leuchtende Nebel gesehen. Ein Teil dieser Nebel würde wahrscheinlich für noch kräftigere optische Werkzeuge sich in Sterne auflösen. Unsere Netzhaut erhält den Eindruck einzelner oder sehr zusammengedrängter Lichtpunkte, woraus, wie Arago neuerlichst gezeigt hat, ganz verschiedene photometrische Verhältnisse der Lichtempfindung entstehen. Der kosmische Nebel, gestaltet oder formlos, allgemein verbreitet, durch Verdichtung Wärme erzeugend, modifiziert wahrscheinlich die Durchsichtigkeit des Weltraums, und vermindert die gleichartige Intensität der Helligkeit, welche nach Halley und Olbers entstehen müßte, wenn jeder Punkt des Himmelsgewölbes, der Tiefe nach, von einer endlosen Reihe von Sternen bedeckt wäre. Die Annahme einer solchen Bedeckung widerspricht der Beobachtung. Diese zeigt große ganz sternleere Regionen, Oeffnungen im Himmel, wie Wilhelm Herschel sie nennt, eine im Skorpion, vier Grad breit, eine andere in der Lende des Schlangenträgers. „In der Nähe beider, nahe an ihrem Rande, befinden sich auflösliche Nebelflecke. Der, welcher am westlichen Rande der Oeffnung im Skorpion steht, ist einer der reichsten und zusammengedrängtesten Haufen kleiner Sterne, welche den Himmel zieren. Auch schreibt Herschel der Anziehung und haufenbildenden Kraft dieser Randgruppen" die Oeffnungen selbst als sternleere Regionen zu. „Es sind Teile unserer Sternschicht," sagt er in der schönen Lebendigkeit seines Stils, „die bereits große Verwüstung von der Zeit erlitten haben." Wenn man sich die hintereinander liegenden teleskopischen Sterne wie einen Sternenteppich denkt, der das ganze scheinbare Himmelsgewölbe bedeckt, so sind, glaube ich, jene sternleeren Stellen des Skorpions und des Schlangenträgers wie Röhren zu betrachten, durch die wir in den fernsten Weltraum blicken. Die Schichten des Teppichs sind unterbrochen, andere Sterne mögen auch da vorliegen, aber sie sind unerreichbar für unsere Werkzeuge. Der Anblick feuriger Meteore hatte die Alten ebenfalls auf die Idee von Spalten und Rissen (chasmata) in der Himmelsdecke geleitet. Diese Spalten wurden aber nur als vorübergehend betrachtet. Statt dunkel zu sein, waren sie erleuchtet und feurig, wegen des hinterliegenden, durchscheinenden, entzündeten Aethers. Derham und selbst Huygens schienen nicht abgeneigt, das milde Licht der Nebelflecke auf eine ähnliche Art zu erklären.

Wenn man die, im Durchschnitt uns gewiß näheren

Sterne erster Größe mit den nebellosen teleskopischen, wenn man die Nebelsterne mit ganz unauflöslichen Nebelflecken, z. B. mit dem der Andromeda, oder gar mit den sogenannten planetarischen Nebeln vergleicht, so drängt sich uns bei Betrachtung so verschiedener Ferne, wie in die Schrankenlosigkeit des Raumes versenkt, eine Thatsache auf, welche die Welt der Erscheinungen und das, was ihr ursachlich, als Realität, zum Grunde liegt, abhängig von der Fortpflanzung des Lichtes zeigt. Die Geschwindigkeit dieser Fortpflanzung ist nach Struves neuesten Untersuchungen 41518 geographische Meilen (308156 km) in einer Sekunde, also fast eine Millionmal größer als die Geschwindigkeit des Schalles. Nach dem, was wir durch die Messungen von Maclear, Bessel und Struve von den Parallaxen und Entfernungen dreier Fixsterne sehr ungleicher Größe (α Centaur, 61 Schwan, α Leier) wissen, bedarf ein Lichtstrahl 3, 9¼ oder 12 Jahre, um von diesen Weltkörpern zu uns zu gelangen. In der kurzen denkwürdigen Periode von 1572 bis 1604, von Cornelius Gemma und Tycho bis Kepler, loderten plötzlich drei neue Sterne auf: in der Kassiopeia, im Schwan und am Fuß des Schlangenträgers. Dieselbe Erscheinung, aber mehrfach wiederkehrend, zeigte sich 1670 im Sternbild des Fuchses. In der neuesten Zeit, seit 1837, hat Sir John Herschel am Vorgebirge der guten Hoffnung den Glanz des Sternes η im Schiffe von der zweiten Größe bis zur ersten prachtvoll anwachsen sehen.[79] Solche Begebenheiten des Weltraums gehören aber in ihrer historischen Wirklichkeit anderen Zeiten an als denen, in welchen die Lichterscheinung den Erdbewohnern ihren Anfang verkündigt; sie sind wie Stimmen der Vergangenheit, die uns erreichen. Man hat mit Recht gesagt, daß wir mit unseren großen Fernröhren gleichzeitig vordringen in den Raum und in die Zeit. Wir messen jenen durch diese; eine Stunde Weges sind für den Lichtstrahl 148 Millionen Meilen (1098220000 km). Während in der Hesiodischen Theogonie die Dimensionen des Weltalls durch den Fall der Körper ausgedrückt werden („nicht mehr als neun Tage und neun Nächte fällt der eherne Amboß vom Himmel zur Erde herab"), glaubte Herschel der Vater,[80] daß das Licht fast zwei Millionen Jahre brauche, um von den fernsten Lichtnebeln, die sein 40füßiger Refraktor erreichte, zu uns zu gelangen. Vieles ist also längst verschwunden, ehe es uns sichtbar wird; vieles war anders

geordnet. Der Anblick des gestirnten Himmels bietet Ungleichzeitiges dar; und so viel man auch den milde leuchtenden Duft der Nebelflecke oder die dämmernd aufglimmenden Sternhaufen uns näher rücken und die Tausende von Jahren vermindern will, welche als Maß der Entfernung gelten, immer bleibt es, nach der Kenntnis, die wir von der Geschwindigkeit des Lichtes haben, mehr als wahrscheinlich, daß das Licht der fernen Weltkörper das älteste sinnliche Zeugnis von dem Dasein der Materie darbietet. So erhebt sich, auf einfache Prämissen gestützt, der reflektierende Mensch zu ernsten, höheren Ansichten der Naturgebilde, da, wo in den tief vom Licht durchströmten Gefilden

„Wie Gras der Nacht Myriaden Welten keimen".[31]

Aus der Region der himmlischen Gestaltungen, von den Kindern des Uranos, steigen wir nun zu dem engeren Sitz der irdischen Kräfte, zu den Kindern der Gäa, herab. Ein geheimnisvolles Band umschlingt beide Klassen der Erscheinungen. Nach der alten Deutung des titanischen Mythus sind die Potenzen des Weltlebens, ist die große Ordnung der Natur an das Zusammenwirken des Himmels und der Erde geknüpft. Gehört schon seinem Ursprunge nach der Erdball, wie jeder der anderen Planeten, dem Centralkörper, der Sonne, und ihrer einst in Nebelringe getrennten Atmosphäre an, so besteht auch noch jetzt durch Licht und strahlende Wärme der Verkehr mit dieser nahen Sonne, wie mit allen fernen Sonnen, welche am Firmamente leuchten. Die Verschiedenheit des Maßes dieser Einwirkungen darf den Physiker nicht abhalten, in einem Naturgemälde an den Zusammenhang und das Walten gemeinsamer, gleichartiger Kräfte zu erinnern. Eine kleine Fraktion der tellurischen Wärme gehört dem Weltraume an, in welchem unser Planetensystem fortrückt, und dessen, der eisigen mittleren Polarwärme fast gleiche Temperatur, nach Fourier, das Produkt aller lichtstrahlenden Gestirne ist. Was aber kräftiger das Licht der Sonne im Luftkreise und in den oberen Erdschichten anregt, wie es Wärme erzeugend elektrische und magnetische Strömungen veranlaßt, wie es zauberhaft den Lebensfunken in den organischen Gebilden an der Oberfläche der Erde erweckt und wohlthätig nährt, das wird der Gegenstand späterer Betrachtungen sein.

Indem wir uns hier der tellurischen Sphäre der Natur ausschlußweise zuwenden, werfen wir zuerst den Blick auf die

Raumverhältnisse des Starren und Flüssigen, auf die Gestalt der Erde, ihre mittlere Dichtigkeit und die partielle Verteilung dieser Dichtigkeit im Inneren des Planeten, auf den Wärmegehalt und die elektromagnetische Ladung der Erde. Diese Raumverhältnisse und die der Materie innwohnenden Kräfte führen auf die Reaktion des Inneren gegen das Aeußere unseres Erdkörpers, sie führen durch spezielle Betrachtung einer allverbreiteten Naturmacht, der unterirdischen Wärme, auf die, nicht immer bloß dynamischen, Erscheinungen des Erdbebens in ungleich ausgedehnten Erschütterungskreisen, auf den Ausbruch heißer Quellen und die mächtigeren Wirkungen vulkanischer Prozesse. Die von unten erschütterte, bald ruckweise und plötzlich, bald ununterbrochen und darum kaum bemerkbar gehobene Erdrinde verändert, im Lauf der Jahrhunderte, das Höhenverhältnis der Feste zur Oberfläche des Flüssigen, ja die Gestaltung des Meerbodens selbst. Es bilden sich gleichzeitig, seien es temporäre Spalten, seien es permanente Oeffnungen, durch welche das Innere der Erde mit dem Luftkreise in Verbindung tritt. Der unbekannten Tiefe entquollen, fließen geschmolzene Massen in schmalen Strömen längs dem Abhang der Berge hinab, bald ungestüm, bald langsam und sanft bewegt, bis die feurige Erdquelle versiegt und die Lava unter einer Decke, die sie sich selbst gebildet hat, Dämpfe ausstoßend, erstarrt. Neue Felsmassen entstehen dann unter unseren Augen, während daß die älteren, schon gebildeten, durch plutonische Kräfte umgewandelt werden, seltener in unmittelbarer Berührung, öfter in wärmestrahlender Nähe. Auch da, wo keine Durchdringung stattfindet, werden die kristallinischen Teilchen verschoben und zu einem dichteren Gewebe verbunden. Bildungen ganz anderer Natur bieten die Gewässer dar: Konkretionen von Tier- und Pflanzenresten, von erdigen, kalk- und thonartigen Niederschlägen, Aggregate fein zerriebener Gebirgsarten, überdeckt mit Lagen kieselgepanzerter Infusorien und mit knochenhaltigem Schuttlande, dem Sitze urweltlicher Tierformen. Was auf so verschiedenen Wegen sich unter unseren Augen erzeugt und zu Schichten gestaltet, was durch gegenseitigen Druck und vulkanische Kräfte mannigfach gestürzt, gekrümmt oder aufgerichtet wird, führt den denkenden, einfachen Analogieen sich hingebenden Beobachter auf die Vergleichung der gegenwärtigen und der längst vergangenen Zeit. Durch Kombination der wirklichen Erscheinungen, durch ideale

Vergrößerung der Raumverhältnisse wie des Maßes wirkender Kräfte gelangen wir in das lange ersehnte, dunkel geahnte, erst seit einem halben Jahrhundert festbegründete Reich der Geognosie.

Man hat scharfsinnig bemerkt, „daß wir, trotz des Beschauens durch große Fernröhren, in Hinsicht der anderen Planeten (den Mond etwa abgerechnet) mehr von ihrem Inneren als von ihrem Aeußeren wissen". Man hat sie gewogen und ihr Volum gemessen; man kennt ihre Masse und ihre Dichte, beide (Dank sei es den Fortschritten der beobachtenden und der rechnenden Astronomie!) mit stets wachsender numerischer Genauigkeit. Ueber ihrer physischen Beschaffenheit schwebt ein tiefes Dunkel. Nur auf unserem Erdkörper setzt uns die unmittelbare Nähe in Kontakt mit allen Elementen der organischen und anorganischen Schöpfung. Die ganze Fülle der verschiedenartigsten Stoffe bietet in ihrer Mischung und Umbildung, in dem ewig wechselnden Spiel hervorgerufener Kräfte dem Geiste die Nahrung, die Freuden der Erforschung, das unermeßliche Feld der Beobachtung dar, welche der intellektuellen Sphäre der Menschheit durch Ausbildung und Erstarkung des Denkvermögens einen Teil ihrer erhabenen Größe verleiht. Die Welt sinnlicher Erscheinungen reflektiert sich in den Tiefen der Ideenwelt; der Reichtum der Natur, die Massen des Unterscheidbaren gehen allmählich in eine Vernunfterkenntnis über.

Hier berühre ich wieder einen Vorzug, auf welchen ich schon mehrmals hingewiesen habe: den Vorzug des Wissens, das einen heimatlichen Ursprung hat, dessen Möglichkeit recht eigentlich an unsere irdische Existenz geknüpft ist. Die Himmelsbeschreibung, von den fern schimmernden Nebelsternen (mit deren Sonnen) bis herab zu dem Centralkörper unseres Systemes, fanden wir auf die allgemeinen Begriffe von Volum und Quantität der Materie beschränkt. Keine Lebensregung offenbart sich da unseren Sinnen. Nur nach Aehnlichkeiten, oft nach phantasiereichen Kombinationen hat man Vermutungen über die spezifische Natur der Stoffe, über ihre Abwesenheit in diesem oder jenem Weltkörper gewagt. Die Heterogeneität der Materie, ihre chemische Verschiedenheit, die regelmäßigen Gestalten, zu denen ihre Teile sich kristallinisch und körnig aneinander reihen; ihr Verhalten zu den eindringenden, abgelenkten oder verteilten Lichtquellen; zur strahlenden, durchgeleiteten oder polarisierten Wärme; zu den glanz-

vollen oder unsichtbaren, aber darum nicht minder wirksamen Erscheinungen des Elektromagnetismus: — diesen unermeßlichen, die Weltanschauung erhöhenden Schatz physischer Erkenntnis verdanken wir der Oberfläche des Planeten, den wir bewohnen; mehr noch dem starren als dem flüssigen Teile derselben. Wie diese Erkenntnis der Naturdinge und Naturkräfte, wie die unermeßliche Mannigfaltigkeit objektiver Wahrnehmung die geistige Thätigkeit des Geschlechts und alle Fortschritte seiner Bildung gefördert haben, ist schon oben bemerkt worden. Diese Verhältnisse bedürfen hier ebensowenig einer weiteren Entwickelung als die Verkettung der Ursachen jener materiellen Macht, welche die Beherrschung eines Teils der Elemente einzelnen Völkern verliehen hat.

Wenn es mir oblag, auf den Unterschied aufmerksam zu machen, der zwischen der Natur unseres tellurischen Wissens und unserer Kenntnis der Himmelsräume und ihres Inhalts stattfindet, so ist es auf der anderen Seite auch nötig, hier die Beschränktheit des Raumes zu bezeichnen, von welchem unsere ganze Kenntnis von der Heterogeneität der Stoffe hergenommen ist. Dieser Raum wird ziemlich uneigentlich die Rinde der Erde genannt; es ist die Dicke der der Oberfläche unseres Planeten nächsten Schichten, welche durch tiefe spaltenartige Thäler oder durch die Arbeit der Menschen (Bohrlöcher und bergmännische Grubenbaue) aufgeschlossen sind. Diese Arbeiten[*] erreichen in senkrechter Tiefe nicht viel mehr als zweitausend Fuß (650 m, weniger als $^1/_{11}$ Meile) unter dem Niveau der Meere, also nur $^1/_{3000}$ des Erdhalbmessers. Die kristallinischen Massen, durch noch thätige Vulkane ausgeworfen, meist unseren Gebirgsarten der Oberfläche ähnlich, kommen aus unbestimmbaren, gewiß 60mal größeren, absoluten Tiefen, als die sind, welche die menschlichen Arbeiten erreicht haben. Auch da, wo Steinkohlenschichten sich einsenken, um in einer durch genaue Messung bestimmten Entfernung wieder aufzusteigen, kann man die Tiefe der Mulde in Zahlen angeben. Solche Einsenkungen erweisen, daß Steinkohlenflöze samt den vorweltlichen organischen Ueberresten, die sie enthalten (in Belgien z. B.), mehrfach[*] fünf- bis sechstausend Fuß (1624 bis 1950 m) unter dem jetzigen Meeresspiegel liegen, ja daß der Bergkalk und die devonischen muldenförmig gekrümmten Schichten wohl die doppelte Tiefe erreichen. Vergleicht man diese unterirdischen Mulden nun mit den Berggipfeln, welche bisher für die höchsten Teile der

gehobenen Erdrinde gehalten werden, so erhält man einen Abstand von 37000 Fuß (12019 m = 1 7/10 Meile), d. i. ungefähr 1/324 des Erdhalbmessers. Dies wäre in der senkrechten Dimension und räumlichen Aufeinanderlagerung der Gebirgsschichten doch nur der Schauplatz geognostischer Forschung, wenn auch die ganze Oberfläche der Erde die Höhe des Dhawalagiri im Himalayagebirge oder die des Sorata in Bolivia erreichte. Alles, was unter dem Seespiegel tiefer liegt als die oben angeführten Mulden, als die Arbeiten der Menschen, als der vom Senkblei an einzelnen Stellen erreichte Meeresgrund (noch nicht erreicht in 25400 Fuß [8251 m] von James Roß),[84] ist uns ebenso unbekannt, wie das Innere der anderen Planeten unseres Sonnensystems. Wir kennen ebenfalls nur die Masse der ganzen Erde und ihre mittlere Dichtigkeit, verglichen mit der der oberen, uns allein zugänglichen Schichten. Wo alle Kenntnis chemischer und mineralogischer Naturbeschaffenheit im Inneren des Erdkörpers fehlt, sind wir wieder, wie bei den fernsten um die Sonne kreisenden Weltkörpern, auf bloße Vermutungen beschränkt. Wir können nichts mit Sicherheit bestimmen über die Tiefe, in welcher die Gebirgsschichten als zäh-erweicht oder geschmolzenflüssig betrachtet werden sollen, über die Höhlungen, welche elastische Dämpfe füllen, über den Zustand der Flüssigkeiten, wenn sie unter einem ungeheuern Drucke erglühen; über das Gesetz der zunehmenden Dichtigkeit von der Oberfläche der Erde bis zu ihrem Centrum hin.

Die Betrachtung der mit der Tiefe zunehmenden Wärme im Inneren unseres Planeten und der Reaktion dieses Inneren gegen die Oberfläche hat uns geleitet zu der langen Reihe vulkanischer Erscheinungen. Sie offenbaren sich als Erdbeben, Gasausbrüche, heiße Quellen, Schlammvulkane und Lavaströme aus Eruptionskratern; ja die Macht elastischer Kräfte äußert sich auch durch räumliche Veränderung in dem Niveau der Oberfläche. Große Flächen, mannigfaltig gegliederte Kontinente werden gehoben oder gesenkt, es scheidet sich das Starre von dem Flüssigen; aber der Ozean selbst, von kalten und warmen Strömungen flußartig durchschnitten, gerinnt an beiden Polen und wandelt das Wasser in dichte Felsmassen um, bald geschichtet und feststehend, bald in bewegliche Bänke zertrümmert. Die Grenzen von Meer und Land, vom Flüssigen und Starren, wurden mannigfach und oft verändert. Es oszillierten die Ebenen aufwärts und abwärts. Nach der

Hebung der Kontinente traten auf langen Spalten, meist parallel, und dann wahrscheinlich zu einerlei Zeitepochen, Gebirgsketten empor; salzige Lachen und große Binnenwasser, die lange von denselben Geschöpfen bewohnt waren, wurden gewaltsam geschieden. Die fossilen Reste von Muscheln und Zoophyten bezeugen ihren ursprünglichen Zusammenhang. So gelangen wir, der relativen Abhängigkeit der Erscheinungen folgend, von der Betrachtung schaffender, tief im Inneren des Erdkörpers waltender Kräfte zu dem, was seine obere Rinde erschüttert und aufbricht, was durch Druck elastischer Dämpfe den geöffneten Spalten als glühender Erdstrom (Lava) entquillt.

Dieselben Mächte, welche die Andes- und Himalayakette bis zur Schneeregion gehoben, haben neue Mischungen und neues Gewebe in den Felsmassen erzeugt, umgewandelt die Schichten, welche aus vielbelebten, mit organischen Stoffen geschwängerten Flüssigkeiten sich früher niedergeschlagen. Wir erkennen hier die Reihenfolge der Formationen, nach ihrem Alter geschieden und überlagert, in ihrer Abhängigkeit von den Gestaltveränderungen der Oberfläche, von den dynamischen Verhältnissen der hebenden Kräfte, von den chemischen Wirkungen auf Spalten ausbrechender Dämpfe.

Die Form und Gliederung der Kontinente, d. h. der trocken gelegenen, einer üppigen Entwickelung des vegetabilischen Lebens fähigen Teile der Erdrinde, steht in innigem Verkehr und thätiger Wechselwirkung mit dem alles umgrenzenden Meere. In diesem ist der Organismus fast auf die Tierwelt beschränkt. Das tropfbarflüssige Element wird wiederum von dem Dunstkreise bedeckt, einem Luftozean, in welchem die Bergketten und Hochebenen der Feste wie Untiefen aufsteigen, mannigfaltige Strömungen und Temperaturwechsel erzeugen, Feuchtigkeit aus der Wolkenregion sammeln, und so in ihrer geneigten Bodenfläche durch strömendes Wasser Bewegung und Leben verbreiten.

Wenn die Geographie der Pflanzen und Tiere von diesen entwickelten Kontrasten der Meer- und Länderverteilung, der Gestaltung der Oberfläche, der Richtung isothermer Linien (Zonen gleicher mittlerer Jahreswärme) abhängt, so sind dagegen die charakteristischen Unterschiede der Menschenstämme und ihre relative numerische Verbreitung über den Erdkörper (der letzte und edelste Gegenstand einer physischen Weltbeschreibung) nicht durch jene Naturverhältnisse

allein, sondern zugleich und vorzüglich durch die Fortschritte der Gesittung, der geistigen Ausbildung, der die politische Uebermacht begründenden Nationalkultur bedingt. Einige Rassen, fest dem Boden anhangend, werden verdrängt und durch gefahrvolle Nähe der gebildeteren ihrem Untergange zugeführt: es bleibt von ihnen kaum eine schwache Spur geschichtlicher Kunde; andere Stämme, der Zahl nach nicht die stärkeren, durchschiffen das flüssige Element. Fast allgegenwärtig durch dieses, haben sie allein, obgleich spät erst, von einem Pole zum anderen, die räumliche, graphische Kenntnis der ganzen Oberfläche unseres Planeten, wenigstens fast aller Küstenländer, erlangt.

So ist denn hier, ehe ich in dem Naturgemälde der tellurischen Sphäre der Erscheinungen das Einzelne berühre, im allgemeinen gezeigt worden, wie, nach der Betrachtung der Gestalt des Erdkörpers, der von ihm perpetuierlich ausgehenden Kraftäußerung des Elektromagnetismus und der unterirdischen Wärme, die Verhältnisse der Erdoberfläche in horizontaler Ausdehnung und Höhe, der geognostische Typus der Formationen, das Gebiet der Meere (des Tropfbarflüssigen) und des Luftkreises, mit seinen meteorologischen Prozessen, die geographische Verbreitung der Pflanzen und Tiere, endlich die physischen Abstufungen des einigen, überall geistiger Kultur fähigen Menschengeschlechts in einer und derselben Anschauung vereinigt werden können. Diese Einheit der Anschauung setzt eine Verkettung der Erscheinungen nach ihrem inneren Zusammenhange voraus. Eine bloß tabellarische Aneinanderreihung derselben erfüllt nicht den Zweck, den ich mir vorgesetzt; sie befriedigt nicht das Bedürfnis einer kosmischen Darstellung, welches der Anblick der Natur auf Meer- und Landreisen, ein sorgfältiges Studium der Gebilde und Kräfte, der lebendige Eindruck eines Naturganzen unter den verschiedensten Erdstrichen in mir erregt haben. Vieles, das in diesem Versuche so überaus mangelhaft ist, wird bei der beschleunigten Zunahme des Wissens, deren sich alle Teile der physikalischen Wissenschaften erfreuen, vielleicht in naher Zukunft berichtigt und vervollständigt werden. Es liegt ja in dem Entwickelungsgange aller Disziplinen, daß das, was lange isoliert gestanden, sich allgemach verkettet und höheren Gesetzen untergeordnet wird. Ich bezeichne nur den empirischen Weg, auf dem ich und viele mir Gleichgesinnte fortschreiten, erwartungsvoll, daß man uns, wie einst,

nach Platos Ausspruch, Sokrates es forderte, „die Natur nach der Vernunft auslege".

Die Schilderung der tellurischen Erscheinungen in ihren Hauptmomenten muß mit der Gestalt und den Raumverhältnissen unseres Planeten beginnen. Auch hier darf man sagen: nicht etwa bloß die mineralische Beschaffenheit, die kristallinisch körnigen oder die dichten, mit Versteinerungen angefüllten Gebirgsarten, nein, die geometrische Gestalt der Erde selbst bezeugt die Art ihrer Entstehung, sie ist ihre Geschichte. Ein elliptisches Rotationssphäroid deutet auf eine einst weiche oder flüssige Masse. Zu den ältesten *geognostischen Begebenheiten*, allen Verständigen lesbar in dem Buch der Natur niedergeschrieben, gehört die Abplattung, wie auch (um ein anderes uns sehr nahes Beispiel anzuführen) die perpetuierliche Richtung der großen Achse des Mondsphäroids gegen die Erde, d. h. die vermehrte Anhäufung der Materie auf der Mondhälfte, welche wir sehen, eine Anhäufung, die das Verhältnis der Rotation zur Umlaufszeit bestimmt und bis zur ältesten Bildungsepoche des Satelliten hinaufreicht. „Die *mathematische* Figur der Erde ist die mit nicht strömendem Wasser bedeckte Oberfläche derselben"; auf sie beziehen sich alle geodätischen auf den Meeresspiegel reduzierten Gradmessungen. Von dieser mathematischen Oberfläche der Erde ist die *physische*, mit allen Zufälligkeiten und Unebenheiten des *Starren*, verschieden. Die ganze Figur der Erde ist bestimmt, wenn man die Quantität der Abplattung und die Größe des Aequatorialdurchmessers kennt. Um ein vollständiges Bild der Gestaltung zu erlangen, wären aber Messungen in zwei aufeinander senkrechten Richtungen nötig.

Elf Gradmessungen (Bestimmungen der Krümmung der Erdoberfläche in verschiedenen Gegenden), von denen neun bloß unserem Jahrhundert angehören,[85] haben uns die Größe des Erdkörpers, den schon Plinius[86] „einen *Punkt* im unermeßlichen Weltall" nennt, kennen gelehrt. Wenn dieselben nicht übereinstimmen in der Krümmung verschiedener Meridiane unter gleichen Breitengraden, so spricht eben dieser Umstand für die Genauigkeit der angewandten Instrumente und der Methoden, für die Sicherheit naturgetreuer, partieller Resultate. Der Schluß selbst von der Zunahme der anziehenden Kraft (in der Richtung vom Aequator zu den Polen hin) auf die Figur eines Planeten ist abhängig von der Verteilung der Dichtigkeit in seinem Inneren. Wenn Newton aus theoretischen

Gründen, und wohl auch angeregt durch die von Cassini schon vor 1666 entdeckte Abplattung des Jupiter,[87] in seinem unsterblichen Werke Philosophiae Naturalis Principia die Abplattung der Erde bei einer homogenen Masse auf $^1/_{230}$ bestimmte, so haben dagegen wirkliche Messungen unter dem mächtigen Einflusse der neuen vervollkommneten Analyse erwiesen, daß die Abplattung des Erdsphäroids, in welchem die Dichtigkeit der Schichten als gegen das Centrum hin zunehmend betrachtet wird, sehr nahe $^1/_{300}$ ist.[88]

Drei Methoden sind angewandt worden, um die Krümmung der Erdoberfläche zu ergründen: es ist dieselbe aus Gradmessungen, aus Pendelschwingungen und aus gewissen Ungleichheiten der Mondbahn geschlossen. Die erste Methode ist eine unmittelbare geometrisch-astronomische; in den anderen zweien wird aus genau beobachteten Bewegungen auf die Kräfte geschlossen, welche diese Bewegungen erzeugen, und von diesen Kräften auf die Ursache derselben, nämlich auf die Abplattung der Erde. Ich habe hier, in dem allgemeinen Naturgemälde, ausnahmsweise der Anwendung von Methoden erwähnt, weil die Sicherheit derselben lebhaft an die innige Verkettung von Naturphänomenen in Gestalt und Kräften mahnt, und weil diese Anwendung selbst die glückliche Veranlassung geworden ist, die Genauigkeit der Instrumente (der raummessenden, der optischen und zeitbestimmenden) zu schärfen, die Fundamente der Astronomie und Mechanik in Hinsicht auf Mondbewegung und auf Erörterung des Widerstandes, den die Pendelschwingungen erleiden, zu vervollkommnen, ja der Analysis eigene und unbetretene Wege zu eröffnen. Die Geschichte der Wissenschaften bietet neben der Untersuchung der Parallaxe der Fixsterne, die zur Aberration und Nutation geführt hat, kein Problem dar, in welchem in gleichem Grade das erlangte Resultat (die Kenntnis der mittleren Abplattung und die Gewißheit, daß die Figur der Erde keine regelmäßige ist) an Wichtigkeit dem nachsteht, was auf dem langen und mühevollen Wege zur Erreichung des Zieles an allgemeiner Ausbildung und Vervollkommnung des mathematischen und astronomischen Wissens gewonnen worden ist. Die Vergleichung von elf Gradmessungen, unter denen drei außereuropäische, die alte peruanische und zwei ostindische, begriffen sind, hat, nach den strengsten theoretischen Anforderungen von Bessel berechnet, eine Abplattung von $^1/_{299}$ gegeben.[89] Danach ist der Polarhalbmesser 10938 Toisen, fast $2^7/_8$ geographische

Meilen, kürzer als der Aequatorialhalbmesser des elliptischen Rotationssphäroids. Die Anschwellung unter dem Aequator infolge der Krümmung der Oberfläche des Sphäroids beträgt also, der Richtung der Schwere nach, etwas mehr als 4⅓mal die Höhe des Montblanc, nur 2½mal die wahrscheinliche Höhe des Dhawalagirigipfels in der Himalayakette. Die Mondesgleichungen (Störungen in der Länge und Breite des Mondes) geben nach den letzten Untersuchungen von Laplace fast dasselbe Resultat der Abplattung ($^1/_{299}$) als die Gradmessungen. Aus den Pendelversuchen folgt im ganzen[90] eine weit größere Abplattung ($^1/_{288}$).

Galilei, der während des Gottesdienstes, wahrscheinlich etwas zerstreut, schon als Knabe erkannte, daß durch die Dauer der Schwingungen von Kronleuchtern, welche in ungleicher Höhe hingen, die ganze Höhe eines Kirchengewölbes zu messen sei, hatte freilich nicht geahnet, wie das Pendel einst von Pol zu Pol würde getragen werden, um die Gestalt der Erde zu bestimmen: oder vielmehr um die Ueberzeugung zu geben, daß die ungleiche Dichtigkeit der Erdschichten die Länge des Sekundenpendels durch verwickelte, aber in großen Länderstrecken sich fast gleichmäßig äußernde Lokalattraktionen affiziere. Diese geognostischen Beziehungen eines zeitmessenden Instruments, diese Eigenschaft des Pendels, wie ein Senkblei die ungesehene Tiefe zu erspähen, ja in vulkanischen Inseln[91] oder am Abhange gehobener kontinentaler Bergketten,[92] statt der Höhlungen dichte Massen von Basalt und Melaphyr anzudeuten, erschweren (trotz der bewundernswürdigen Einfachheit der Methode) die Erlangung eines allgemeinen Resultats, die Herleitung der Figur der Erde aus Beobachtung von Pendelschwingungen. Auch in dem astronomischen Teile der Messung eines Breitengrades wirken ablenkend und nachteilig, doch nicht in gleichem Maße, Gebirgsketten oder dichtere Schichten des Bodens.

Da die Gestalt der Erde auf die Bewegung anderer Weltkörper, besonders auf die ihres nahen Satelliten, einen mächtigen Einfluß ausübt, so läßt die vervollkommnete Kenntnis der Bewegung des letzteren uns auch wiederum auf die Gestalt der Erde zurückschließen. Demnach hätte, wie Laplace sich sinnig ausdrückt, ein Astronom, „ohne seine Sternwarte zu verlassen, durch Vergleichung der Mondtheorie mit den wirklichen Beobachtungen nicht nur die Gestalt und Größe der Erde, sondern auch ihre Entfernung von der Sonne und vom

Monde bestimmen können: Resultate, die erst durch lange und mühevolle Unternehmungen nach den entlegensten Gegenden beider Hemisphären erlangt worden sind". Die Abplattung, welche aus den Ungleichheiten des Mondes geschlossen wird, gewährt den Vorzug, daß sie, was einzelne Gradmessungen und Pendelversuche nicht leisten, eine *mittlere*, dem ganzen Planeten zukommende ist. Mit der Rotationsgeschwindigkeit verglichen, beweist sie dazu die Zunahme der Dichtigkeit der Erdschichten von der Oberfläche gegen den Mittelpunkt hin, eine Zunahme, welche die Vergleichung der Achsenverhältnisse des Jupiter und Saturn mit ihrer Umdrehungszeit auch in diesen beiden großen Planeten offenbart. So berechtigt die Kenntnis *äußerer* Gestaltung zu Schlüssen über die *innere* Beschaffenheit der Weltkörper.

Die nördliche und südliche Erdhälfte scheinen unter gleichen Breitengraden ungefähr dieselbe Erdkrümmung[93] darzubieten; aber Pendelversuche und Gradmessungen geben, wie schon oben bemerkt ist, für einzelne Teile der Oberfläche so verschiedene Resultate, daß man keine regelmäßige Figur angeben kann, welche allen auf diesen Wegen bisher erhaltenen Resultaten genügen würde. Die wirkliche Figur der Erde verhält sich zu einer regelmäßigen, „wie die unebene Oberfläche eines bewegten Wassers sich zu der ebenen Oberfläche eines ruhigen verhält".

Nachdem die Erde *gemessen* worden ist, mußte sie *gewogen* werden. Pendelschwingungen und Bleilot haben ebenfalls dazu gedient, die *mittlere Dichtigkeit* der Erde zu bestimmen: sei es, daß man in Vereinigung astronomischer und geodätischer Operationen die Ablenkung des Bleilots von der Vertikale in der Nähe eines Berges suchte, oder durch Vergleichung der Pendellänge in der Ebene und auf dem Gipfel einer Anhöhe, oder endlich durch Anwendung einer Drehwage, die man als ein horizontal schwingendes Pendel betrachten kann, die relative Dichtigkeit der nahen Erdschichten maß. Von diesen drei Methoden[94] ist die letzte die sicherste, da sie unabhängig von der schwierigen Bestimmung der Dichtigkeit der Mineralien ist, aus welchen das sphärische Segment eines Berges besteht, in dessen Nähe man beobachtet. Sie gibt nach den neuesten Versuchen von Reich $5{,}44^{95}$, d. h. sie zeigt, daß die mittlere Dichtigkeit der ganzen Erde soviel mal größer ist als die des reinen Wassers. Da nun nach der Natur der Gebirgsschichten, welche den trockenen, kontinentalen Teil der

Erdoberfläche bilden, die Dichtigkeit dieses Teils kaum 2,7, die Dichtigkeit der trockenen und ozeanischen Oberfläche zusammen kaum 1,6 beträgt, so folgt aus jener Angabe, wie sehr die elliptischen, ungleich abgeplatteten Schichten des Inneren durch Druck oder durch Heterogeneität der Stoffe gegen das Centrum zu an Dichtigkeit zunehmen. Hier zeigt sich wieder, daß das Pendel, das senkrechte wie das horizontal schwingende, mit Recht ein geognostisches Instrument genannt worden ist.

Aber die Schlüsse, zu welchen der Gebrauch eines solchen Instrumentes führt, hat berühmte Physiker, nach Verschiedenheit der Hypothesen, von denen man ausging, zu ganz entgegengesetzten Ansichten über die Naturbeschaffenheit des Inneren des Erdkörpers geleitet. Man hat berechnet, in welchen Tiefen tropfbarflüssige, ja selbst luftförmige Stoffe durch den eigenen Druck ihrer aufeinander gelagerten Schichten die Dichtigkeit der Platina oder selbst des Iridiums übertreffen würden; und um die innerhalb sehr enger Grenzen bekannte Abplattung mit der Annahme einer einfachen, bis ins Unendliche kompressibeln Substanz in Einklang zu bringen, hat der scharfsinnige Leslie den Kern der Erde als eine Hohlkugel beschrieben, die mit sogenannten „unwägbaren Stoffen von ungeheurer Repulsivkraft" erfüllt wäre. Diese gewagten und willkürlichen Vermutungen haben in ganz unwissenschaftlichen Kreisen bald noch phantasiereichere Träume hervorgerufen. Die Hohlkugel ist nach und nach mit Pflanzen und Tieren bevölkert worden, über die zwei kleine unterirdisch kreisende Planeten, Pluto und Proserpina, ihr mildes Licht ausgießen. Immer gleiche Wärme herrscht in diesen inneren Erdräumen, und die durch Kompression selbstleuchtende Luft könnte wohl die Planeten der Unterwelt entbehrlich machen. Nahe am Nordpol, unter 82° Breite, da, wo das Polarlicht ausströmt, ist eine ungeheure Oeffnung, durch die man in die Hohlkugel hinabsteigen kann. Zu einer solchen unterirdischen Expedition sind Sir Humphry Davy und ich vom Kapitän Symmes wiederholt und öffentlich aufgefordert worden. So mächtig ist die krankhafte Neigung der Menschen, unbekümmert um das widersprechende Zeugnis wohlbegründeter Thatsachen oder allgemein anerkannter Naturgesetze, ungesehene Räume mit Wundergestalten zu füllen. Schon der berühmte Halley hatte, am Ende des 17. Jahrhunderts, in seinen magnetischen Spekulationen die Erde ausgehöhlt. Ein unterirdisch frei rotieren-

der Kern verursacht durch seine Stellung die tägliche und jährliche Veränderung der magnetischen Abweichung! Was bei dem geistreichen Holberg eine heitere Fiktion war, hat man zu unserer Zeit mit langweiligem Ernste in ein wissenschaftliches Gewand zu kleiden versucht.

Die Figur der Erde und der Grad der Starrheit (Dichtigkeit), welchen die Erde erlangt hat, steht in inniger Verbindung mit den Kräften, die sie beleben, sofern nämlich diese Kräfte nicht von außen her durch die planetarische Stellung gegen einen leuchtenden Centralkörper angeregt oder erweckt sind. Die Abplattung, Folge der auf eine rotierende Masse einwirkenden Schwungkraft, offenbart den früheren Zustand der Flüssigkeit unseres Planeten. Bei dem Erstarren dieser Flüssigkeit, die man geneigt ist als eine dunstförmige, bereits *ursprünglich* zu einer sehr hohen Temperatur erhitzte anzunehmen, ist eine ungeheure Menge latenter Wärme frei geworden. Fing der Prozeß der Erstarrung, wie Fourier will, von der zuerst durch Strahlung gegen den Himmelsraum erkaltenden Oberfläche an, so blieben die dem Mittelpunkt der Erde näheren Teile flüssig und glühend. Da nach langer Ausströmung der Wärme vom Mittelpunkt gegen die Oberfläche sich endlich ein Stabilitätszustand in der Temperatur des Erdkörpers hergestellt hat, so wird angenommen, daß mit zunehmender Tiefe auch die unterirdische Wärme *ununterbrochen* zunehme. Die Wärme der Wasser, welche den Bohrlöchern (artesischen Brunnen) entquellen, unmittelbare Versuche über die Temperatur des Gesteins in den Bergwerken, vor allem aber die vulkanische Thätigkeit der Erde, d. i. der Erguß geschmolzener Massen aus geöffneten Spalten, bezeugen diese Zunahme auf das unwidersprechlichste für sehr beträchtliche Tiefen der oberen Erdschichten. Nach Schlüssen, die sich freilich nur auf Analogieen gründen, wird dieselbe auch mehr als wahrscheinlich weiter gegen das Centrum hin.

Was ein kunstreicher, für diese Klasse von Untersuchungen [96] eigens vervollkommneter, analytischer Kalkül über die Bewegung der Wärme in homogenen metallischen Sphäroiden gelehrt hat, ist, bei unserer Unkenntnis der Stoffe, aus denen die Erde zusammengesetzt sein kann, bei der Verschiedenheit der Wärmekapazität und Leitungsfähigkeit aufeinander geschichteter Massen, bei den chemischen Umwandlungen, welche feste und flüssige Materien durch einen ungeheuren Druck erleiden, nur sehr vorsichtig auf die wirkliche Naturbeschaffenheit

unseres Planeten anzuwenden. Am schwierigsten für unsere Fassungskraft ist die Vorstellung von der Grenzlinie zwischen der flüssigen Masse des Inneren und den schon erhärteten Gebirgsarten der äußeren Erdrinde, von der allmählichen Zunahme der festen Schichten und dem Zustande der Halbflüssigkeit erdiger zäher Stoffe, für welche die bekannten Gesetze der Hydraulik nur unter beträchtlichen Modifikationen gelten können. Sonne und Mond, welche das Meer in Ebbe und Flut bewegen, wirken höchst wahrscheinlich auch bis zu jenen Erdtiefen. Unter dem Gewölbe schon erstarrter Gebirgsarten kann man allerdings periodische Hebungen und Senkungen der geschmolzenen Masse, Ungleichheiten des gegen das Gewölbe ausgeübten Druckes vermuten. Das Maß und die Wirkung solcher Oszillation kann aber nur gering sein; und wenn der relative Stand der anziehenden Weltkörper auch hier Springfluten erregen muß, so ist doch gewiß nicht diesen, sondern mächtigeren inneren Kräften die Erschütterung der Erdoberfläche zuzuschreiben. Es gibt Gruppen von Erscheinungen, deren Existenz es nur darum nützlich ist hervorzuheben, um die Allgemeinheit des Einflusses der Attraktion von Sonne und Mond auf das äußere und innere Leben der Erde zu bezeichnen, so wenig wir auch die Größe eines solchen Einflusses numerisch zu bestimmen vermögen.

Nach ziemlich übereinstimmenden Erfahrungen in den artesischen Brunnen nimmt in der oberen Erdrinde die Wärme im Durchschnitt mit einer senkrechten Tiefe von je 92 Pariser Fuß (29,89 m) um 1° des hundertteiligen Thermometers zu. Befolgte diese Zunahme ein arithmetisches Verhältnis, so würde demnach, wie ich bereits oben [97] angegeben habe, eine Granitschicht in der Tiefe von 5 2/10 geographischen Meilen (38,6 km) vier- bis fünfmal gleich dem höchsten Gipfel des Himalayagebirges geschmolzen sein.

In dem Erdkörper sind dreierlei Bewegungen der Wärme zu unterscheiden. Die erste ist periodisch und verändert die Temperatur der Erdschichten, indem nach Verschiedenheit des Sonnenstandes und der Jahreszeiten die Wärme von oben nach unten eindringt, oder auf demselben Wege von unten nach oben ausströmt. Die zweite Art der Bewegung ist ebenfalls eine Wirkung der Sonne und von außerordentlicher Langsamkeit. Ein Teil der Wärme, die in den Aequatorialgegenden eingedrungen ist, bewegt sich nämlich in dem Inneren der Erdrinde gegen die Pole hin, und ergießt sich an den Polen in

den Luftkreis und den fernen Weltraum. Die dritte Art der Bewegung ist die langsamste von allen; sie besteht in der säkularen Erkaltung des Erdkörpers, in dem Wenigen, was jetzt noch von der primitiven Wärme des Planeten an die Oberfläche abgegeben wird. Dieser Verlust, den die Centralwärme erleidet, ist in der Epoche der ältesten Erdrevolutionen sehr beträchtlich gewesen, seit den historischen Zeiten aber wird er für unsere Instrumente kaum meßbar. Die Oberfläche der Erde befindet sich demnach zwischen der Glühhitze der unteren Schichten und dem Weltraume, dessen Temperatur wahrscheinlich unter dem Gefrierpunkt des Quecksilbers ist.

Die periodischen Veränderungen der Temperatur, welche an der Oberfläche der Sonnenstand und die meteorologischen Prozesse hervorrufen, pflanzen sich im Inneren der Erde aber nur bis zu sehr geringen Tiefen fort. Diese Langsamkeit der Wärmeleitung des Bodens schwächt auch im Winter den Wärmeverlust und wird tiefwurzelnden Bäumen günstig. Punkte, welche in verschiedenen Tiefen in einer Vertikallinie liegen, erreichen zu sehr verschiedenen Zeiten das Maximum und Minimum der mitgeteilten Temperatur. Je mehr sie sich von der Oberfläche entfernen, desto geringer sind die Unterschiede dieser Extreme. In unseren Breiten der gemäßigten Zone (Br. 48°—52°) liegt die Schicht invariabler Temperatur in 55 bis 66 Fuß (17,9 bis 19,5 m) Tiefe; schon in der Hälfte dieser Tiefe erreichen die Oszillationen des Thermometers durch Einfluß der Jahreszeiten kaum noch einen halben Grad. Dagegen wird in dem Tropenklima die invariable Schicht schon einen Fuß (0,32 m) tief unter der Oberfläche gefunden, und diese Thatsache ist von Boussingault auf eine scharfsinnige Weise zu einer bequemen und, wie er glaubt, sicheren Bestimmung der mittleren Lufttemperatur des Ortes benutzt worden. Diese mittlere Lufttemperatur an einem bestimmten Punkte oder in einer Gruppe nahegelegener Punkte der Oberfläche ist gewissermassen das Grundelement der klimatischen und Kulturverhältnisse einer Gegend; aber die mittlere Temperatur der ganzen Oberfläche ist von der des Erdkörpers selbst sehr verschieden. Die so oft angeregte Frage, ob jene im Lauf der Jahrhunderte beträchtliche Veränderungen erlitten, ob das Klima eines Landes sich verschlechtert hat, ob nicht etwa gleichzeitig die Winter milder und die Sommer kälter geworden sind, kann nur durch das Thermometer entschieden werden; und die Erfindung dieses Instruments ist kaum dritt-

halbhundert Jahre, seine verständige Anwendung kaum 120 Jahre alt. Die Natur und Neuheit des Mittels setzt also hier den Forschungen über die Lufttemperatur sehr enge Grenzen. Ganz anders ist die Lösung des größeren Problems der inneren Wärme des ganzen Erdkörpers. Wie man aus der unveränderten Schwingungsdauer eines Pendels auf die bewahrte Gleichheit seiner Temperatur schließen kann, so belehrt uns die unveränderte Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde über das Maß der Stabilität ihrer mittleren Temperatur. Diese Einsicht in das Verhältnis der Tageslänge zur Wärme gehört zu den glänzendsten Anwendungen einer langen Kenntnis der Himmelsbewegungen auf den thermischen Zustand unseres Planeten. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde hängt nämlich von ihrem Volum ab. Sowie in der durch Strahlung allmählich erkaltenden Masse die Rotationsachse kürzer würde, müßten mit Abnahme der Temperatur die Umdrehungsgeschwindigkeit vermehrt und die Tageslänge vermindert werden. Nun ergibt die Vergleichung der säkularen Ungleichheiten in den Bewegungen des Mondes mit den in älteren Zeiten beobachteten Finsternissen, daß seit Hipparchs Zeiten, also seit vollen 2000 Jahren, die Länge des Tages gewiß nicht um den hundertsten Teil einer Sekunde abgenommen hat. Es ist demnach innerhalb der äußersten ^{98} Grenze dieser Abnahme die mittlere Wärme des Erdkörpers seit 2000 Jahren nicht um $^1/_{170}$ eines Grades verändert worden.

Diese Unveränderlichkeit der Form setzt auch eine große Unveränderlichkeit in der Verteilung der Dichtigkeitsverhältnisse im Inneren des Erdkörpers voraus. Die translatorischen Bewegungen, welche die Ausbrüche der jetzigen Vulkane, das Hervordringen eisenhaltiger Laven, das Ausfüllen vorher leerer Spalten und Höhlungen mit dichten Steinmassen verursachen, sind demnach nur als kleine Oberflächenphänomene, als Ereignisse eines Teiles der Erdrinde zu betrachten, welcher der Dimension nach gegen die Größe des Erdhalbmessers verschwindet.

Die innere Wärme des Planeten habe ich in ihrer Ursache und Verteilung fast ausschließlich nach dem Resultate der schönen Untersuchungen Fouriers geschildert. Poisson bezweifelt die ununterbrochene Zunahme der Erdwärme von der Oberfläche der Erde zum Centrum. Er glaubt, daß alle Wärme von außen nach innen eingedrungen ist, und daß die Temperatur des Erdkörpers abhängig ist von der sehr hohen oder

sehr niedrigen Temperatur der Welträume, durch welche sich das Sonnensystem bewegt hat. Diese Hypothese, von einem der tiefsinnigsten Mathematiker unserer Zeit ersonnen, hat fast nur ihn, wenig die Physiker und Geognosten befriedigt. Was aber auch die Ursache der inneren Wärme unseres Planeten und der begrenzten oder unbegrenzten Zunahme in den tieferen Schichten sein mag: immer führt sie uns in diesem Entwurfe eines allgemeinen Naturgemäldes, durch den inneren Zusammenhang aller primitiven Erscheinungen der Materie, durch das gemeinsame Band, welches die Molekularkräfte umschlingt, in das dunkle Gebiet des Magnetismus. Temperaturveränderungen bringen magnetische und elektrische Ströme hervor. Der tellurische Magnetismus, dessen Hauptcharakter in der dreifachen Aeußerung seiner Kräfte eine ununterbrochene periodische Veränderlichkeit ist, wird entweder der ganzen, ungleich erwärmten Erdmasse selbst,[99] oder jenen galvanischen Strömen zugeschrieben, die wir als Elektrizität in Bewegung, als Elektrizität in einem in sich selbst zurückkehrenden Kreislaufe betrachten. Der geheimnisvolle Gang der Magnetnadel ist von der Zeit und dem Raume, von dem Sonnenlaufe und der Veränderung des Ortes auf der Erdoberfläche gleichmäßig bedingt. Man erkennt an der Nadel, wie an den Schwankungen des Barometers zwischen den Wendekreisen, die Stunde des Tages. Sie wird durch das ferne Nordlicht, durch die Himmelsglut, welche an einem der Pole farbig ausstrahlt, urplötzlich, doch nur vorübergehend, affiziert. Wenn die ruhige stündliche Bewegung der Nadel durch ein magnetisches Ungewitter gestört ist, so offenbart sich die Perturbation oftmals über Meer und Land, auf Hunderte und Tausende von Meilen im strengsten Sinne des Worts gleichzeitig, oder sie pflanzt sich in kurzen Zeiträumen allmählich in jeglicher Richtung über die Oberfläche der Erde fort.[100] Im ersteren Falle könnte die Gleichzeitigkeit des Ungewitters, wie Jupiterstrabanten, Feuersignale und wohl beachtete Sternschnuppen, innerhalb gewisser Grenzen zur geographischen Längenbestimmung dienen. Man erkennt mit Verwunderung, daß die Zuckungen zweier kleinen Magnetnadeln, und wären sie tief in unterirdischen Räumen aufgehangen, die Entfernung messen, welche sie voneinander trennt; daß sie lehren, wie weit Kasan östlich von Göttingen oder von den Ufern der Seine liegt. Es gibt auch Gegenden der Erde, wo der Seefahrer, seit vielen Tagen in Nebel gehüllt, ohne Sonne und Sterne,

ohne alle Mittel der Zeitbestimmung, durch die Neigungsveränderung der Nadel mit Sicherheit wissen kann, ob er sich nördlich oder südlich von einem Hafen befindet,[101] in den er einlaufen soll.

Wenn die plötzlich in ihrem stündlichen Gange gestörte Nadel das Dasein eines magnetischen Ungewitters verkündigt, so bleibt der Sitz der Perturbationsursache, ob sie in der Erdrinde selbst oder im oberen Luftkreise zu suchen sei, leider! für uns noch unentschieden. Betrachten wir die Erde als einen wirklichen Magnet, so sind wir genötigt, nach dem Ausspruch des tiefsinnigen Gründers einer allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus, Friedrich Gauß, durchschnittlich *wenigstens* jedem Teile der Erde, der ein achtel Kubikmeter, d. i. $3^7/_{10}$ Kubikfuß, groß ist, eine ebenso starke Magnetisierung beizulegen, als ein empfindiger Magnetstab enthält. Wenn Eisen und Nickel, wahrscheinlich auch Kobalt (nicht Chrom[102], wie man lange geglaubt hat), die alleinigen Substanzen sind, welche *dauernd* magnetisch werden und die Polarität durch eine gewisse Koerzitivkraft zurückhalten, so beweisen dagegen die Erscheinungen von Aragos Rotationsmagnetismus und Faradays induzierten Strömen, daß wahrscheinlich alle tellurischen Stoffe *vorübergehend* sich magnetisch verhalten können. Nach den Versuchen des ersteren der eben genannten großen Physiker wirken auf die Schwingungen einer Nadel Wasser, Eis, Glas und Kohle ganz wie Quecksilber in den Rotationsversuchen. Fast alle Stoffe zeigen sich in einem gewissen Grade magnetisch, wenn sie leitend sind, d. h. von der Elektrizität durchströmt werden.

So uralt auch bei den westlichen Völkern die Kenntnis der *Ziehkraft* natürlicher Eisenmagnete zu sein scheint, so war doch (und diese historisch sehr fest begründete Thatsache ist auffallend genug) die Kenntnis der *Richtkraft* einer Magnetnadel, ihre Beziehung auf den Erdmagnetismus nur dem äußersten Osten von Asien, den Chinesen, eigentümlich. Tausend und mehr Jahre vor unserer Zeitrechnung, zu der dunklen Epoche des Kodros und der Rückkehr der Herakliden nach dem Peloponnes hatten die Chinesen schon *magnetische Wagen*, auf denen der bewegliche Arm einer Menschengestalt unausgesetzt nach Süden wies, um sicher den Landweg durch die unermeßlichen Grasebenen der Tatarei zu finden; ja im dritten Jahrhundert nach unserer Zeitrechnung, also wenigstens 700 Jahre vor der Einführung des Schiffskompasses in den

europäischen Meeren, segelten schon chinesische Fahrzeuge in dem Indischen Ozean nach magnetischer Südweisung. Ich habe in einem anderen Werke gezeigt, welche Vorzüge [103] dieses Mittel topographischer Orientierung, diese frühe Kenntnis und Anwendung der dem Westen unbekannten Magnetnadel den chinesischen Geographen vor den griechischen und römischen gegeben hat, denen z. B. die wahre Richtung der Apenninen und Pyrenäen stets unbekannt blieb.

Die magnetische Kraft unseres Planeten offenbart sich an seiner Oberfläche in drei Klassen von Erscheinungen, deren eine die veränderliche Intensität der Kraft, zwei andere die veränderliche Richtung in der Neigung und in der horizontalen Abweichung vom terrestrischen Meridiane des Ortes darbieten. Die Gesamtwirkung nach außen wird also graphisch durch drei Systeme von Linien bezeichnet: die der isodynamischen, isoklinischen und isogonischen (gleicher Kraft, gleicher Neigung und gleicher Abweichung). Der Abstand und die relative Lage dieser stets bewegten, oszillierend fortschreitenden Kurven bleiben nicht immer dieselben. Die totale Abweichung (Variation oder Deklination der Magnetnadel) verändert sich an gewissen Punkten [104] der Erde, z. B. in dem westlichen Teil der Antillen und in Spitzbergen, in einem ganzen Jahrhundert gar nicht oder auf eine bisher kaum bemerkbare Weise. Ebenso zeigt sich, daß die isogonischen Kurven, wenn sie in ihrer säkularen Bewegung von der Oberfläche des Meeres auf einen Kontinent oder eine Insel von beträchtlichem Umfange geraten, lange auf denselben verweilen und dann im Fortschreiten sich krümmen.

Diese allmähliche Umwandlung der Gestaltungen, welche die Translation begleiten und die Gebiete der östlichen und westlichen Abweichung im Laufe der Zeiten so ungleich erweitern, macht es schwer, in den graphischen Darstellungen, welche verschiedenen Jahrhunderten angehören, die Uebergänge und Analogie der Formen aufzufinden. Jeder Zweig einer Kurve hat seine Geschichte; aber diese Geschichte steigt bei den westlichen Völkern nirgends höher hinauf als bis zu der denkwürdigen Epoche (13. September 1492), wo der Wiederentdecker der Neuen Welt 3° westlich vom Meridian der azorischen Insel Flores eine Linie ohne Abweichung erkannte. [105] Ganz Europa hat jetzt, einen kleinen Teil von Rußland abgerechnet, eine westliche Abweichung: während daß am Ende des 17. Jahrhunderts, erst in London 1657 und dann 1669 in Paris (also

trotz der kleinen Entfernung mit einem Unterschiede von 12 Jahren), die Nadel gerade nach dem Nordpol wies. Im östlichen Rußland, im Osten von dem Ausfluß der Wolga, von Saratow, Nischni-Nowgorod und Archangelsk, dringt von Asien her die östliche Abweichung zu uns ein. In dem weitausgedehnten Gebiete des nördlichen Asiens haben uns zwei vortreffliche Beobachter, Hansteen und Adolf Erman, die wunderbare doppelte Krümmung der Abweichungslinien kennen gelehrt: konkav gegen den Pol gerichtet zwischen Obdorsk am Obi und Turuchansk, konvex zwischen dem Baikalsee und dem Ochozkischen Meerbusen. In diesem letzteren Teile der Erde, im nordöstlichen Asien, zwischen dem Werchojansker Gebirge, Jakutsk und dem nördlichen Korea, bilden die isogonischen Linien ein merkwürdiges in sich geschlossenes System. Diese eiförmige Gestaltung [106] wiederholt sich regelmäßiger und in einem größeren Umfange in der Südsee, fast im Meridian von Pitcairn und der Inselgruppe der Marquesas, zwischen 20° nördlicher und 45° südlicher Breite. Man könnte geneigt sein, eine so sonderbare Konfiguration in sich geschlossener, fast konzentrischer Abweichungslinien für die Wirkung einer Lokalbeschaffenheit des Erdkörpers zu halten; sollten aber auch diese isoliert scheinenden Systeme sich in dem Laufe der Jahrhunderte fortbewegen, so muß man hier, wie bei allen großen Naturkräften, auf eine allgemeinere Ursache der Erscheinung schließen.

Die stündlichen Veränderungen der Abweichung, von der wahren Zeit abhängig, scheinbar von der Sonne beherrscht, solange sie über dem Horizonte eines Ortes ist, nehmen mit der magnetischen Breite in ihrem angularen Werte ab. Nahe am Aequator, z. B. auf der Insel Nawak, sind sie kaum drei bis vier Minuten, wenn sie im mittleren Europa 13 bis 14 Minuten betragen. Da nun in der ganzen nördlichen Hemisphäre das Nordende der Nadel im Durchschnitt von 8½ Uhr morgens bis 1½ Uhr mittags von Ost gen West, und in derselben Zeit in der südlichen Hemisphäre dasselbe Nordende von West gen Ost fortschreitet, so hat man neuerlichst mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß es eine Region der Erde, wahrscheinlich zwischen dem terrestrischen und magnetischen Aequator, geben muß, in welcher keine stündliche Veränderung der Abweichung zu bemerken ist. Diese vierte Kurve, die der Nichtbewegung oder vielmehr Nichtveränderung der stündlichen Abweichung, ist bis jetzt noch nicht aufgefunden worden.

Wie man magnetische Pole die Punkte der Erdoberfläche nennt, wo die horizontale Kraft verschwindet, und diesen Punkten mehr Wichtigkeit zuschreibt, als ihnen eigentlich zukommt, so wird der magnetische Aequator diejenige Kurve genannt, auf welcher die Neigung der Nadel null ist. Die Lage dieser Linie und ihre säkulare Gestaltveränderung ist in neueren Zeiten ein Gegenstand sorgfältiger Untersuchung gewesen. Nach der vortrefflichen Arbeit Duperreys, welcher den magnetischen Aequator zwischen den Jahren 1822 und 1825 sechsmal berührt hat, sind die Knoten der beiden Aequatoren, die zwei Punkte, in denen die Linie ohne Neigung den terrestrischen Aequator schneidet und demnach aus einer Hemisphäre in die andere übergeht, so ungleich verteilt, daß im Jahre 1825 der Knoten bei der Insel St. Thomas an der Westküste von Afrika 188° ½ von dem Knoten in der Südsee bei den kleinen Gilbertsinseln (fast in dem Meridian der Vitigruppe) auf dem kürzesten Wege entfernt lag. Ich habe am Anfang dieses Jahrhunderts auf einer Höhe von 11200 Fuß (3538 m) über dem Meere den Punkt (7° 1′ südl. Breite und 80° 54′ westl. Länge) astronomisch bestimmen können, wo im Inneren des neuen Kontinents die Andeskette zwischen Quito und Lima von dem magnetischen Aequator durchkreuzt wird. Von da in Westen verweilt dieser fast durch die ganze Südsee, dem terrestrischen Aequator sich langsam nähernd, in der südlichen Halbkugel. Er geht erst in die nördliche Halbkugel über kurz vor dem Indischen Archipelagus, berührt nur die Südspitzen von Asien, und tritt in das afrikanische Festland ein, westlich von Sokotora, fast in der Meerenge von Bab-el-Mandeb, wo er sich dann am meisten von dem terrestrischen Aequator entfernt. Das unbekannte Land von Innerafrika durchschneidend in der Richtung nach Südwest, kehrt der magnetische Aequator in dem Golf von Guinea in die südliche Tropenzone zurück, und entfernt sich vom terrestrischen Aequator so sehr, daß er die brasilianische Küste bei Os Ilheos nördlich von Porto Seguro in 15° südl. Breite berührt. Von da an bis zu der Hochebene der Kordilleren, zwischen den Silbergruben von Micuipampa und dem alten Inkasitze von Caxamarca, wo ich die Inklination beobachten konnte, durchläuft er ganz Südamerika, das für jetzt unter diesen südlichen Breiten eine magnetische Terra incognita, wie das Innere von Afrika ist.

Neue von Sabine[107] gesammelte Beobachtungen haben

uns gelehrt, daß der Knoten der Insel St. Thomas von 1825 bis 1837 bereits 4° von Osten gegen Westen gewandert ist. Es wäre ungemein wichtig, zu wissen, ob der entgegengesetzte Pol der Gilbertsinseln in der Südsee ebensoviel gegen Westen sich dem Meridian der Karolinen genähert hat. Die hier gegebene allgemeine Uebersicht muß genügen, um die verschiedenen Systeme nicht ganz paralleler isoklinischer Linien an die große Erscheinung des Gleichgewichts, welche sich im magnetischen Aequator offenbart, zu knüpfen. Für die Ergründung der Gesetze des tellurischen Magnetismus ist es kein geringer Vorzug, daß der magnetische Aequator, dessen oszillierender Gestaltenwechsel und dessen Knotenbewegung, mittels der veränderten magnetischen Breiten, einen Einfluß auf die Neigung der Nadel in den fernsten Weltgegenden ausüben, in seiner ganzen Länge, bis auf 1/5, ozeanisch ist und daher, durch ein merkwürdiges Raumverhältnis zwischen Meer und Land, um so zugänglicher wird, als man gegenwärtig im Besitz von Mitteln ist, beides, Abweichung und Inklination, während der Schiffahrt mit vieler Genauigkeit zu bestimmen.

Wir haben die Verteilung des Magnetismus auf der Oberfläche unseres Planeten nach den zwei Formen der Abweichung und der Neigung geschildert. Es bleibt uns die dritte Form, die der Intensität der Kraft, übrig, welche graphisch durch isodynamische Kurven (Linien gleicher Intensität) ausgedrückt wird. Die Ergründung und Messung dieser Kraft durch Schwingung einer vertikalen oder horizontalen Nadel hat erst seit dem Anfange des 19. Jahrhunderts in ihren tellurischen Beziehungen ein allgemeines und lebhaftes Interesse erregt. Die Messung der horizontalen Kraft ist, besonders durch Anwendung feiner optischer und chronometrischer Hilfsmittel, eines Grades der Genauigkeit fähig geworden, welcher die aller anderen magnetischen Bestimmungen weit übertrifft. Wenn für die unmittelbare Anwendung auf Schiffahrt und Steuerung die isogonischen Linien die wichtigeren sind, so zeigen sich nach den neuesten Ansichten die isodynamischen, vornehmlich die, welche die Horizontalkraft bezeichnen, als diejenigen, welche der Theorie des Erdmagnetismus die fruchtbringendsten Elemente darbieten. Am frühesten ist durch Beobachtung die Thatsache erkannt worden,[105] daß die Intensität der Totalkraft vom Aequator gegen die Pole hin zunimmt.

Die Kenntnis des Maßes dieser Zunahme und die Ergründung aller numerischen, den ganzen Erdkörper umfassenden Verhältnisse des Intensitätsgesetzes verdankt man besonders seit dem Jahre 1829 der rastlosen Thätigkeit von Eduard Sabine, welcher, nachdem er am amerikanischen Nordpol, in Grönland, in Spitzbergen, an den Küsten von Guinea und in Brasilien dieselben Nadeln hat schwingen lassen, fortwährend alles sammelt und ordnet, was die Richtung der isodynamischen Linien aufklären kann. Den ersten Entwurf eines isodynamischen Systems, in Zonen geteilt, habe ich selbst für einen kleinen Teil von Südamerika geliefert. Es sind diese Linien nicht den Linien gleicher Neigung parallel; die Intensität der Kraft ist nicht, wie man anfangs geglaubt hat, am schwächsten auf dem magnetischen Aequator, sie ist nicht einmal gleich auf allen Teilen desselben. Wenn man Ermans Beobachtungen im südlichen Teile des Atlantischen Ozeans, wo eine schwächende Zone sich von Angola über die Insel St. Helena bis an die brasilianische Küste (0,706) hinzieht, mit den neuesten Beobachtungen des großen Seefahrers James Clark Roß vergleicht, so findet man, daß an der Oberfläche unseres Planeten die Kraft gegen den magnetischen Südpol hin, da wo das Viktorialand sich vom Kap Crozier gegen den 11600 Fuß (3768 m) hohen, aus dem Eise aufsteigenden Vulkan Erebus verlängert, fast im Verhältnis wie 1 zu 3 zunimmt.[109] Wenn die Intensität nahe bei dem magnetischen Südpol durch 2,052 ausgedrückt wird (man nimmt noch immer zur Einheit die Intensität, welche ich auf dem magnetischen Aequator im nördlichen Peru gefunden), so fand sie Sabine dem magnetischen Nordpol nahe in Melvilles Insel (Br. 74° 27′ N.) nur 1,624, während sie in den Vereinigten Staaten bei New York (also fast unter einer Breite mit Neapel) 1,803 ist.

Durch die glänzenden Entdeckungen von Oersted, Arago und Faraday ist die elektrische Ladung des Luftkreises der magnetischen Ladung des Erdkörpers näher gerückt. Wenn durch Oersted aufgefunden worden ist, daß die Elektrizität in der Umgebung des sie fortleitenden Körpers Magnetismus erregt, so werden dagegen in Faradays Versuchen durch den freigewordenen Magnetismus elektrische Strömungen hervorgerufen. Magnetismus ist eine der vielfachen Formen, unter denen sich die Elektrizität offenbart. Die uralte dunkle Ahnung von der Identität der elektrischen und magnetischen Anziehung ist in unserer Zeit in Erfüllung gegangen. „Wenn das

Elektrum (der Bernstein)," sagte Plinius[110] im Sinne der ionischen Naturphilosophie des Thales, „durch Reibung und Wärme beseelt wird, so zieht es Bast und dürre Blätter an, ganz wie der Magnetstein das Eisen." Dieselben Worte finden wir in der Litteratur eines Volkes, das den östlichen Teil von Asien bewohnt, bei dem chinesischen Physiker Kuopho in der Lobrede des Magneten.[111] Nicht ohne Ueberraschung bemerkte ich auch an den waldigen Ufern des Orinoko, bei den Kinderspielen der Wilden, unter Volksstämmen, welche auf der untersten Stufe der Roheit stehen, daß ihnen die Erregung der Elektrizität durch Reibung bekannt ist. Knaben rieben die trockenen, platten und glänzenden Samen eines rankenden Schotengewächses (wahrscheinlich einer Negretia) so lange, bis sie Fasern von Baumwolle und Bambusrohr anzogen. Was die nackten kupferbraunen Eingeborenen ergötzt, ist geeignet, einen tiefen und ernsten Eindruck zu hinterlassen. Welche Kluft trennt nicht das elektrische Spiel jener Wilden von der Erfindung eines gewitterentladenden metallischen Leiters, einer viele Stoffe chemisch zersetzenden Säule, eines lichterzeugenden magnetischen Apparates! In solcher Kluft liegen Jahrtausende der geistigen Entwickelungsgeschichte der Menschheit vergraben!

Der ewige Wechsel, die oszillatorische Bewegung, welche man in allen magnetischen Erscheinungen, denen der Neigung, der Abweichung, und der Intensität der Kräfte, wahrnimmt: nach den Stunden des Tages und auch der Nacht, nach den Jahreszeiten und dem Verlauf der ganzen Jahre, läßt sehr verschiedenartige partielle Systeme von elektrischen Strömen in der Erdrinde vermuten. Sind diese Strömungen, wie in Seebecks Versuchen, thermo-magnetisch unmittelbar durch ungleiche Verteilung der Wärme erregt? oder soll man sie nicht vielmehr als durch den Stand der Sonne, durch die Sonnenwärme induziert[112] betrachten? Hat die Rotation des Planeten und das Moment der Geschwindigkeit, welches die einzelnen Zonen nach ihrem Abstande vom Aequator erlangen, Einfluß auf die Verteilung des Magnetismus? Soll man den Sitz der Strömungen, d. i. der bewegten Elektrizität, in dem Luftkreise, in den interplanetaren Räumen oder in der Polarität der Sonne und des Mondes suchen? Schon Galilei war in seinem berühmten Dialogo geneigt, die parallele Richtung der Erdachse einem magnetischen Anziehungspunkt im Weltraume zuzuschreiben.

Wenn man sich das Innere des Erdkörpers als geschmolzen und einen ungeheuren Druck erleidend, als zu einer Temperatur erhoben denkt, für die wir kein Maß haben, so muß man wohl auf einen magnetischen Kern der Erde verzichten. Allerdings geht erst bei der Weißglühhitze aller Magnetismus verloren;[113] er äußert sich noch, wenn das Eisen dunkelrot glühend ist; und so verschieden auch die Modifikationen sein mögen, welche der Molekularzustand und die davon abhängige Koerzitivkraft der Stoffe in den Versuchen erzeugen, so bleibt immer noch eine beträchtliche Dicke der Erdschicht über, die man als Sitz der magnetischen Ströme annehmen möchte. Was die alte Erklärung der stündlichen Variationen der Abweichung durch die progressive Erwärmung der Erde im scheinbaren Sonnenlauf von Osten nach Westen anbetrifft, so muß man sich dabei freilich auf die äußerste Oberfläche beschränken, da die in den Erdboden eingesenkten, jetzt an so vielen Orten genau beobachteten Thermometer zeigen, wie langsam die Sonnenwärme selbst auf die geringe Tiefe von einigen Fußen eindringt. Dazu ist der thermische Zustand der Meeresfläche, welche $^2/_3$ des Planeten bedeckt, solchen Erklärungen wenig günstig, wenn von unmittelbarer Einwirkung die Rede ist, nicht von Induktion aus der Luft- und Dunsthülle des Planeten.

Auf alle Fragen nach den letzten physischen Ursachen so komplizierter Erscheinungen ist in dem jetzigen Zustande unseres Wissens bisher keine befriedigende Antwort zu geben. Nur was in den dreifachen Manifestationen der Erdkraft sich als meßbare Verhältnisse des Raumes und der Zeit, als das Gesetzmäßige im Veränderlichen darbietet, hat durch Bestimmung numerischer Mittelwerte neuerdings die glänzendsten Fortschritte gemacht. Von Toronto in Oberkanada an bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung und zu Vandiemensland, von Paris bis Peking ist die Erde seit dem Jahre 1828 mit magnetischen Warten bedeckt worden, in denen ununterbrochen durch gleichzeitige Beobachtungen jede regelmäßige oder unregelmäßige Regung der Erdkraft erspähet wird. Man mißt eine Abnahme von $^1/_{40000}$ der magnetischen Intensität, man beobachtet zu gewissen Epochen 24 Stunden lang, alle $2^1/_2$ Minuten. Ein großer englischer Astronom und Physiker hat berechnet,[114] daß die Masse der Beobachtungen, welche zu diskutieren sind, in drei Jahren auf 1958000 anwachsen wird. Nie ist eine so großartige,

so erfreuliche Anstrengung gezeigt worden, um das Quantitative der Gesetze in einer Naturerscheinung zu ergründen. Man darf daher wohl mit Recht hoffen, daß diese Gesetze, mit denen verglichen, welche im Luftkreise und in noch ferneren Räumen walten, uns allmählich dem Genetischen der magnetischen Erscheinungen selbst näher führen werden. Bis jetzt können wir uns nur rühmen, daß eine größere Zahl möglicher, zur Erklärung führender Wege eröffnet worden sind. In der physischen Lehre vom Erdmagnetismus, welche mit der rein mathematischen nicht verwechselt werden darf, finden sich, wie in der Lehre von den meteorologischen Prozessen des Luftkreises, diejenigen vollkommen befriedigt, die in den Erscheinungen bequem alles Faktische wegleugnen, was sie nicht nach ihren Ansichten erklären können.

Der tellurische Magnetismus, die elektrodynamischen, von dem geistreichen Ampère [115] gemessenen Kräfte, stehen gleichzeitig in innigem Verkehr mit dem Erd- oder Polarlichte, wie mit der inneren und äußeren Wärme des Planeten, dessen Magnetpole als Kältepole [116] betrachtet werden. Wenn Halley vor 128 Jahren nur als eine gewagte Vermutung aussprach, daß das Nordlicht eine magnetische Erscheinung sei, so hat Faradays glänzende Entdeckung (Lichtentwickelung durch magnetische Kräfte) jene Vermutung zu einer empirischen Gewißheit erhoben.[117] Es gibt Vorboten des Nordlichtes. Bereits am Morgen vor der nächtlichen Lichterscheinung verkündigt gewöhnlich der unregelmäßige stündliche Gang der Magnetnadel eine Störung des Gleichgewichts in der Verteilung des Erdmagnetismus. Wenn diese Störung eine große Stärke erreicht, so wird das Gleichgewicht der Verteilung durch eine von Lichtentwickelung begleitete Entladung wieder hergestellt. „Das Nordlicht [118] selbst ist dann nicht als eine äußere Ursache der Störung anzusehen, sondern vielmehr als eine bis zum leuchtenden Phänomen gesteigerte tellurische Thätigkeit, deren eine Seite jenes Leuchten, die andere die Schwingungen der Nadel sind." Die prachtvolle Erscheinung des farbigen Polarlichtes ist der Akt der Entladung, das Ende eines magnetischen Ungewitters, wie in dem elektrischen Ungewitter ebenfalls eine Lichtentwickelung, der Blitz, die Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichts in der Verteilung der Elektrizität bezeichnet. Das elektrische Ungewitter ist gewöhnlich auf einen kleinen Raum eingeschränkt, und außerhalb desselben bleibt der Zu-

stand der Luftelektrizität ungeändert. Das magnetische Ungewitter dagegen offenbart seine Wirkung auf den Gang der Nadel über große Teile der Kontinente; wie Arago zuerst entdeckt hat, fern von dem Orte, wo die Lichtentwickelung sichtbar wird. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß, wie bei schwer geladenem, drohendem Gewölke und bei oftmaligem Uebergehen der Luftelektrizität in einen entgegengesetzten Zustand es doch nicht immer zur Entladung in Blitzen kommt, so auch magnetische Ungewitter große Störungen des stündlichen Ganges der Nadel in weitem Umkreise hervorrufen können, ohne daß das Gleichgewicht der Verteilung notwendig durch Explosion, durch leuchtendes Ueberströmen von einem Pol zum Aequator oder gar von Pol zu Pol erneuert werden müsse.

Wenn man alle Einzelheiten der Erscheinung in ein Bild zusammenfassen will, so sind die Entstehung und der Verlauf eines sich ganz ausbildenden Nordlichtes also zu bezeichnen: Tief am Horizont, ungefähr in der Gegend, wo dieser vom magnetischen Meridian durchschnitten wird, schwärzt sich der vorher heitere Himmel. Es bildet sich wie eine dicke Nebelwand, die allmählich aufsteigt und eine Höhe von 8 bis 10 Graden erreicht. Die Farbe des dunklen Segmentes geht ins Braune oder Violette über. Sterne sind sichtbar in dieser, wie durch einen dichten Rauch verfinsterten Himmelsgegend. Ein breiter, aber hellleuchtender Lichtbogen, erst weiß, dann gelb, begrenzt das dunkle Segment; da aber der glänzende Bogen später entsteht als das rauchgraue Segment, so kann man nach Argelander letzteres nicht einem bloßen Kontraste mit dem helleren Lichtsaume zuschreiben. Der höchste Punkt des Lichtbogens ist, wo er genau gemessen worden ist, gewöhnlich nicht ganz im magnetischen Meridian, sondern 5° bis 18° abweichend nach der Seite, wohin die Magnetdeklination des Ortes sich richtet. Im hohen Norden, dem Magnetpole sehr nahe, erscheint das rauchähnliche Kugelsegment weniger dunkel, bisweilen gar nicht. Dort auch, wo die Horizontalkraft am schwächsten ist, sieht man die Mitte des Lichtbogens von dem magnetischen Meridian am weitesten entfernt.

Der Lichtbogen, in stetem Aufwallen und formveränderndem Schwanken, bleibt bisweilen stundenlang stehen, ehe Strahlen und Strahlenbündel aus demselben hervorschießen und bis zum Zenith hinaufsteigen. Je intensiver die Entladungen des Nordlichtes sind, desto lebhafter spielen die

Farben vom Violetten und bläulich Weißen durch alle Abstufungen bis in das Grüne und Purpurrote. Auch bei der gewöhnlichen, durch Reibung erregten Elektrizität ist der Funke erst dann gefärbt, wenn nach großer Spannung die Explosion sehr heftig ist. Die magnetischen Feuersäulen steigen bald aus dem Lichtbogen allein hervor, selbst mit schwarzen, einem dicken Rauche ähnlichen Strahlen gemengt, bald erheben sie sich gleichzeitig an vielen entgegengesetzten Punkten des Horizonts und vereinigen sich in ein zuckendes Flammenmeer, dessen Pracht keine Schilderung erreichen kann, da es in jedem Augenblick seinen leuchtenden Wellen andere und andere Gestaltungen gibt. Die Intensität dieses Lichtes ist zuzeiten so groß, daß Lowenörn (29. Januar 1786) bei hellem Sonnenscheine Schwingungen des Polarlichtes erkannte. Die Bewegung vermehrt die Sichtbarkeit der Erscheinung. Um den Punkt des Himmelsgewölbes, welcher der Richtung der Neigungsnadel entspricht, scharen sich endlich die Strahlen zusammen und bilden die sogenannte Krone des Nordlichtes. Sie umgibt wie den Gipfel eines Himmelszeltes mit einem milderen Glanze und ohne Wallung im ausströmenden Lichte. Nur in seltenen Fällen gelangt die Erscheinung bis zur vollständigen Bildung der Krone; mit derselben hat sie aber stets ihr Ende erreicht. Die Strahlungen werden nun seltener, kürzer und farbenloser. Die Krone und alle Lichtbogen brechen auf. Bald sieht man am ganzen Himmelsgewölbe unregelmäßig zerstreut nur breite, blasse, fast aschgrau leuchtende, unbewegliche Flecke; auch sie verschwinden früher als die Spur des dunklen rauchartigen Segmentes, das noch tief am Horizonte steht. Es bleibt oft zuletzt von dem ganzen Schauspiel nur ein weißes, zartes Gewölk übrig, an den Rändern gefiedert oder in kleine rundliche Häufchen (als Cirrokumulus) mit gleichen Abständen geteilt.

Dieser Zusammenhang des Polarlichtes mit den feinsten Cirruswölkchen verdient eine besondere Aufmerksamkeit, weil er uns die elektromagnetische Lichtentwickelung als Teil eines meteorologischen Prozesses zeigt. Der tellurische Magnetismus offenbart sich hier in seiner Wirkung auf den Dunstkreis, auf die Kondensation der Wasserdämpfe. Was Thienemann, welcher die sogenannten Schäfchen für das Substrat des Nordlichtes hält, in Island gesehen, ist in neueren Zeiten von Franklin und Richardson nahe am amerikanischen Nordpole, vom Admiral Wrangel an den sibirischen Küsten des

Eismeeres bestätigt worden. Alle bemerkten, „daß das Nordlicht die lebhaftesten Strahlen dann schoß, wenn in der hohen Luftregion Massen des Cirrostratus schwebten, und wenn diese so dünn waren, daß ihre Gegenwart nur durch die Entstehung eines Hofes um den Mond erkannt werden konnte". Die Wolken ordneten sich bisweilen schon bei Tage auf eine ähnliche Art als die Strahlen des Nordlichtes, und beunruhigten dann wie diese die Magnetnadel. Nach einem großen nächtlichen Nordlichte erkannte man früh am Morgen dieselben aneinander gereihten Wolkenstreifen, welche vorher leuchtend gewesen waren.[119] Die scheinbar konvergierenden Polarzonen (Wolkenstreifen in der Richtung des magnetischen Meridians), welche mich auf meinen Reisen auf der Hochebene von Mexiko wie im nördlichen Asien anhaltend beschäftigt haben, gehören wahrscheinlich zu derselben Gruppe der Tageserscheinungen.[120]

Südlichter sind oft von dem scharfsinnigen und fleißigen Beobachter Dalton in England, Nordlichter in der südlichen Hemisphäre bis 45° Breite (14. Januar 1831) gesehen worden. In nicht sehr seltenen Fällen ist das Gleichgewicht an beiden Polen gleichzeitig gestört. Ich habe bestimmt ergründet, daß bis in die Tropenregion, selbst in Mexiko und Peru, Nordpolarlichter gesehen worden sind. Man muß unterscheiden zwischen der Sphäre gleichzeitiger Sichtbarkeit der Erscheinung und der Erdzone, in welcher die Erscheinung fast jede Nacht gesehen wird. Jeder Beobachter sieht gewiß, wie seinen eigenen Regenbogen, so auch sein eigenes Polarlicht. Ein großer Teil der Erde erzeugt zugleich das ausströmende Lichtphänomen. Man kann viele Nächte angeben, in denen es in England und in Pennsylvanien, in Rom und in Peking gleichzeitig beobachtet wurde. Wenn man behauptet, daß die Polarlichter mit der abnehmenden Breite abnehmen, so muß man die Breite als eine magnetische, durch den Abstand vom Magnetpole gemessene betrachten. In Island, in Grönland, in Terre Neuve, an den Ufern des Sklavensees oder zu Fort Enterprise in Nordkanada entzünden sie sich zu gewissen Jahreszeiten fast jede Nacht und feiern, wie die Einwohner der Shetlandinseln[121] es nennen, in zuckenden Strahlen den „lustigen Himmelstanz". Während in Italien das Nordlicht eine große Seltenheit ist, sieht man es wegen der südlichen Lage des amerikanischen Magnetpols überaus häufig in der Breite von Philadelphia (39° 57'). Aber auch in den Gegenden, welche in dem neuen Kontinent und an den sibirischen

Küsten sich durch große Frequenz des Phänomens auszeichnen, gibt es sozusagen besondere Nordlichtstriche: Längenzonen, in denen das Polarlicht vorzüglich glänzend und prachtvoll ist. Oertliche Einflüsse sind nicht zu verkennen. Wrangel sah den Glanz abnehmen, so wie er sich um Nishne-Kolymsk vom Litorale des Eismeeres entfernte. Die auf der Nordpolexpedition gesammelten Erfahrungen scheinen zu beweisen, daß ganz nahe um den Magnetpol die Lichtentbindung auf das wenigste um nichts stärker und häufiger als in einiger Entfernung davon ist.

Was wir von der Höhe des Polarlichtes wissen, gründet sich auf Messungen, die ihrer Natur nach wegen der beständigen Oszillation der Lichterscheinung und daraus entstehender Unsicherheit des parallaktischen Winkels nicht viel Vertrauen einflößen können. Die erlangten Resultate schwanken, um nicht veralteter Angaben zu erwähnen, zwischen einigen Meilen und einer Höhe von drei- bis viertausend Fuß (975 bis 1300 m).[122] Es ist nicht unwahrscheinlich, daß das Nordlicht zu verschiedenen Zeiten eine sehr verschiedene Entfernung habe. Die neuesten Beobachter sind geneigt, das Phänomen nicht an die Grenze der Atmosphäre, sondern in die Wolkenregion selbst zu versetzen; sie glauben sogar, daß die Nordlichtstrahlen durch Winde und Luftströmungen bewegt werden können, wenn wirklich das Lichtphänomen, durch welches uns allein das Dasein einer elektromagnetischen Strömung bemerkbar wird, an materielle Gruppen beweglicher Dunstbläschen gebunden ist oder, besser zu sagen, dieselben durchdringt, von einem Bläschen zum anderen überspringend. Franklin hat am Bärensee ein strahlendes Nordlicht gesehen, von dem er glaubte, daß es die untere Seite der Wolkenschicht erleuchtete, während daß nur $4^1/_2$ geogr. Meilen (33,4 km) davon Kendal, welcher die ganze Nacht über die Wache hatte und das Himmelsgewölbe keinen Augenblick aus den Augen verlor, gar keine Lichterscheinung bemerkte. Das neuerdings mehrfach behauptete Niederschießen von Nordlichtstrahlen nahe zur Erde, zwischen dem Beobachter und einem nahen Hügel, bietet, wie beim Blitze und bei dem Fall von Feuerkugeln, eine vielfache Gefahr optischer Täuschung dar.

Ob das magnetische Gewitter, von dem wir soeben ein merkwürdiges Beispiel großer örtlicher Beschränktheit angegeben, mit dem elektrischen Gewitter außer dem Lichte auch das Geräusch gemein habe, ist überaus zweifelhaft geworden,

da man nicht mehr unbedingt den Erzählungen der Grönlandfahrer und sibirischen Fuchsjäger traut. Die Nordlichter sind schweigsamer geworden, seitdem man sie genauer zu beobachten und zu belauschen versteht. Parry, Franklin und Richardson am Nordpol, Thienemann in Island, Gieseke in Grönland, Lottin und Bravais am Nordkap, Wrangel und Anjou an der Küste des Eismeeres haben zusammen an tausend Nordlichter gesehen, und nie irgend ein Geräusch vernommen. Will man diese negativen Zeugnisse gegen zwei positive von Hearne an der Mündung des Kupferflusses und von Henderson in Island nicht gelten lassen, so muß man in Erinnerung bringen, daß Hood dasselbe Geräusch wie von schnell bewegten Flintenkugeln und von leisem Krachen zwar während eines Nordlichtes, aber dann auch am folgenden Tage ohne alles Nordlicht vernahm; man muß nicht vergessen, wie Wrangel und Gieseke zur festen Ueberzeugung gelangten, daß das gehörte Geräusch dem Zusammenziehen des Eises und der Schneekruste, bei einer plötzlichen Erkaltung des Luftkreises, zuzuschreiben sei. Der Glaube an ein *knisterndes* Geräusch ist nicht in dem Volke, sondern bei gelehrten Reisenden wohl deshalb entstanden, weil man schon in früher Zeit, wegen des Leuchtens der Elektrizität in luftverdünnten Räumen, das Nordlicht für eine Wirkung atmosphärischer Elektrizität erklärte, und hörte, was man zu hören wünschte. Neue mit sehr empfindlichen Elektrometern angestellte Versuche haben gegen alle Erwartung bisher nur negative Resultate gegeben. Der Zustand der Luftelektrizität ward während der stärksten Nordlichter nie verändert gefunden.

Dagegen werden alle drei Kraftäußerungen des tellurischen Magnetismus, Abweichung, Inklination und Intensität, zugleich von dem Polarlichte verändert. In einer und derselben Nacht wirkt dasselbe auf das eine Ende der Nadel bald anziehend, bald abstoßend, in verschiedenen Stunden seiner Entwickelung. Die Behauptung, daß nach den von Parry in der Nähe des Magnetpoles auf Melvilles Insel gesammelten Thatsachen die Nordlichter die Magnetnadel nicht affizierten, sondern vielmehr als eine „beruhigende" Potenz wirkten, ist durch die genauere Untersuchung von Parrys eigenem Reisejournale und durch die schönen Beobachtungen von Richardson, Hood und Franklin in Nordkanada, wie zuletzt von Bravais und Lottin in Lappland hinlänglich widerlegt worden.[123] Der Prozeß des Nordlichtes ist, wie wir schon oben bemerkt, der

Akt der Wiederherstellung eines gestörten Gleichgewichtes. Die Wirkung auf die Nadel ist nach dem Maß der Stärke in der Explosion verschieden. Sie war in der nächtlichen Winterstation zu Bosekop nur dann unmerklich, wenn die Lichterscheinung sich sehr schwach und tief am Horizont zeigte. Die aufschießenden Strahlencylinder hat man scharfsinnig mit der Flamme verglichen, welche in dem geschlossenen Kreise der Voltaschen Säule zwischen zwei weit voneinander entfernten Kohlenspitzen, oder nach Fizeau zwischen einer Silber- und einer Kohlenspitze entsteht, und die von dem Magnete angezogen und abgestoßen wird. Diese Analogie macht wenigstens die Annahme metallischer Dämpfe im Dunstkreise entbehrlich, welche berühmte Physiker als Substrat des Nordlichtes betrachten.

Wenn das leuchtende Phänomen, das wir einem galvanischen Strome, d. h. einer Bewegung der Elektrizität in einem in sich selbst zurückkehrenden Kreislaufe, zuschreiben, durch den unbestimmten Namen des Polarlichtes bezeichnet wird, so ist damit nur die örtliche Richtung angegeben, in welcher am häufigsten, keineswegs immer, der Anfang der Lichtentwickelung gesehen wird. Was diesem Naturphänomen seine größere Wichtigkeit gibt, ist die Thatsache, daß die Erde leuchtend wird, daß ein Planet, außer dem Lichte, welches er von dem Centralkörper, der Sonne, empfängt, sich eines eigenen Lichtprozesses fähig zeigt. Die Intensität des Erdlichtes, oder vielmehr die Erhellung, welche dasselbe verbreiten kann, übertrifft bei dem höchsten Glanze farbiger und nach dem Zenith aufsteigender Strahlung um ein weniges das Licht des ersten Mondviertels. Bisweilen (7. Januar 1831) hat man ohne Anstrengung Gedrucktes lesen können. Dieser, in den Polargegenden fast ununterbrochene Lichtprozeß der Erde leitet uns durch Analogieen auf die denkwürdige Erscheinung, welche die Venus darbietet. Der von der Sonne nicht erleuchtete Teil dieses Planeten leuchtet bisweilen mit einem eigenen phosphorischen Scheine. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der Mond, Jupiter und die Kometen außer dem, durch Polariskope erkennbaren, reflektierten Sonnenlichte auch von ihnen selbst hervorgebrachtes Licht ausstrahlen. Ohne der problematischen, aber sehr gewöhnlichen Art des Wetterleuchtens zu erwähnen, in der ein ganzes tiefstehendes Gewölk viele Minuten lang ununterbrochen flimmernd leuchtet, finden wir in unserem Dunstkreise selbst noch andere Beispiele irdischer Lichterzeugung. Dahin gehören der berühmte bei

Nacht leuchtende trockene Nebel der Jahre 1783 und 1831; der stille, von Rozier und Beccaria beobachtete Lichtprozeß großer Wolken, ohne alles Flimmern; ja, wie Arago scharfsinnig bemerkt, das schwache diffuse Licht, welches in tief bewölkten, mond- und sternlosen Herbst- und Winternächten, ohne Schnee, unter freiem Himmel unsere Schritte leitet. Wie im Polarlichte, im elektromagnetischen Ungewitter, in hohen Breiten die Flut des bewegten, oft farbigen Lichtes den Luftkreis durchströmt, so sind in der heißen Zone der Tropen viele tausend Quadratmeilen des Ozeans gleichzeitig lichterzeugend. Hier gehört der Zauber des Lichtes den organischen Kräften der Natur an. Lichtschäumend kräuselt sich die überschlagende Welle, Funken sprühet die weite Fläche, und jeder Funke ist die Lebensregung einer unsichtbaren Tierwelt. So mannigfaltig ist der Urquell des irdischen Lichtes. Soll man es sich gar noch verborgen, unentfesselt, in Dämpfen gebunden denken, zur Erklärung der Moserschen Bilder aus der Ferne? einer Entdeckung, in welcher uns die Wirklichkeit bisher wie ein geheimnisschweres Traumbild erscheint.

So wie die innere Wärme unseres Planeten auf der einen Seite mit der Erregung elektromagnetischer Strömungen und dem Lichtprozeß der Erde (einer Folge des Ausbruchs) eines magnetischen Ungewitters zusammenhängt, so offenbart sie sich auch auf der anderen Seite als eine Hauptquelle geognostischer Phänomene. Wir betrachten diese in ihrer Verkettung und in ihrem Uebergange von einer bloß dynamischen Erschütterung und von der Hebung ganzer Kontinente und Gebirgsmassen zu der Erzeugung und zum Erguß von gasförmigen und tropfbaren Flüssigkeiten, von heißem Schlamme, von glühenden und geschmolzenen Erden, die sich als kristallinische Gebirgsarten erhärten. Es ist ein nicht geringer Fortschritt der neueren Geognosie (des mineralogischen Teils der Physik der Erde), die hier bezeichnete Verkettung der Erscheinungen ergründet zu haben. Die Einsicht derselben leitet von den spielenden Hypothesen ab, durch welche man vormals jede Kraftäußerung des alten Erdballs einzeln zu erklären suchte: sie zeigt die Verbindung von dem Hervortreten verschiedenartiger Stoffe mit dem, was nur der räumlichen Veränderung (Erschütterung oder Hebung) angehört; sie reiht Gruppen von Erscheinungen, welche auf den ersten Anblick sich als sehr heterogen darbieten: Thermalquellen, Ausströmungen von Kohlensäure

und Schwefeldämpfen, harmlose Salsen (Schlammausbrüche) und die furchtbaren Verheerungen feuerspeiender Berge, aneinander. In einem großen Naturbilde schmilzt dies alles in den einigen Begriff der Reaktion des Inneren eines Planeten gegen seine Rinde und Oberfläche zusammen. So erkennen wir in den Tiefen der Erde, in ihrer mit dem Abstand von der Oberfläche zunehmenden Temperatur gleichzeitig die Keime erschütternder Bewegung, allmählicher Hebung ganzer Kontinente (wie der Bergketten auf langen Spalten), vulkanischer Ausbrüche und mannigfaltiger Erzeugung von Mineralien und Gebirgsarten. Aber nicht die unorganische Natur allein ist unter dem Einflusse dieser Reaktion des Inneren gegen das Aeußere geblieben. Es ist sehr wahrscheinlich, daß in der Urwelt mächtigere Ausströmungen von kohlensaurem Gas, dem Luftkreise beigemengt, den kohleabscheidenden Prozeß des Pflanzenlebens erhöhten, und daß so in waldzerstörenden Revolutionen ein unerschöpfliches Material von Brennstoff (Ligniten und Steinkohlen) in den oberen Erdschichten vergraben wurde. Auch die Schicksale der Menschheit erkennen wir als teilweise abhängig von der Gestaltung der äußeren Erdrinde, von der Richtung der Gebirgszüge und Hochländer, von der Gliederung der gehobenen Kontinente. Dem forschenden Geiste ist es gegeben, in der Kette der Erscheinungen von Glied zu Glied bis dahin aufzusteigen, wo bei Erstarrung des Planeten, bei dem ersten Uebergange der geballten Materie aus der Dunstform, sich die innere Erdwärme entwickelte, welche nicht der Wirkung der Sonne zugehört.

Um den Kausalzusammenhang der geognostischen Erscheinungen übersichtlich zu schildern, beginnen wir mit denen, deren Hauptcharakter dynamisch ist, in Bewegung und räumlicher Veränderung besteht. Erdbeben, Erderschütterungen zeichnen sich aus durch schnell aufeinander folgende senkrechte, oder horizontale, oder rotatorische Schwingungen. Bei der nicht unbeträchtlichen Zahl derselben, die ich in beiden Weltteilen, auf dem festen Lande und zur See erlebt, haben die zwei ersten Arten der Bewegung mir sehr oft gleichzeitig geschienen. Die minenartige Explosion, senkrechte Wirkung von unten nach oben, hat sich am auffallendsten bei dem Umsturze der Stadt Riobamba (1797) gezeigt, wo viele Leichname der Einwohner auf den mehrere hundert Fuß hohen Hügel la Cullca, jenseits des Flüßchens von Licau, geschleudert wurden. Die

Fortpflanzung geschieht meist in linearer Richtung wellenförmig, mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 7 geographischen Meilen (37 bis 52 km) in der Minute; teils in Erschütterungskreisen oder großen Ellipsen, in denen wie aus einem Centrum die Schwingungen sich mit abnehmender Stärke gegen den Umfang fortpflanzen. Es gibt Gegenden, die zu zwei sich schneidenden Erschütterungskreisen gehören. Im nördlichen Asien, in welchem der Vater der Geschichte,[124] wie später Theophylactus Simocatta, die skythischen Länder frei von Erdbeben nannte, habe ich den südlichen metallreichen Teil des Altaigebirges unter dem zweifachen Einflusse der Erschütterungsherde vom Baikalsee und von den Vulkanen des Himmelsgebirges (Thianschan) gefunden. Wenn die Erschütterungskreise sich durchschneiden, wenn z. B. eine Hochebene zwischen zwei gleichzeitig in Ausbruch begriffenen Vulkanen liegt, so können mehrere Wellensysteme gleichzeitig existieren und, wie in den Flüssigkeiten, sich gegenseitig nicht stören. Selbst Interferenz kann hier, wie bei den sich durchkreuzenden Schallwellen, gedacht werden. Die Größe der fortgepflanzten Erschütterungswellen wird an der Oberfläche der Erde nach dem allgemeinen Gesetze der Mechanik vermehrt, nach welchem bei der Mitteilung der Bewegung in elastischen Körpern die letzte auf einer Seite freiliegende Schicht sich zu trennen strebt.

Die Erschütterungswellen werden durch Pendel und Sismometerbecken ziemlich genau in ihrer Richtung und totalen Stärke, keineswegs aber in der inneren Natur ihrer Alternanz und periodischen Intumescenz untersucht. In der Stadt Quito, die am Fuß eines thätigen Vulkans (des Ruku-Pichincha) 8950 Fuß (2907 m) über der Meeresfläche liegt, und schöne Kuppeln, hohe Kirchengewölbe und massive Häuser von mehreren Stockwerken aufzuweisen hat, bin ich oft über die Heftigkeit nächtlicher Erdstöße in Verwunderung geraten, welche so selten Risse in dem Gemäuer verursachen, während in den peruanischen Ebenen viel schwächer scheinende Oszillationen niedrigen Rohrhäusern schaden. Eingeborene, die viele hundert Erdbeben erlebt haben, glauben, daß der Unterschied weniger in der Länge oder Kürze der Wellen, in der Langsamkeit oder Schnelligkeit[125] der horizontalen Schwingung, als in der Gleichmäßigkeit der Bewegung in entgegengesetzter Richtung liege. Die kreisenden (rotatorischen) Erschütterungen sind die seltensten, aber am meisten gefahrbringend. Umwenden von Gemäuer ohne Umsturz, Krümmung von vorher parallelen

Baumpflanzungen, Verdrehung von Aeckern, die mit verschiedenen Getreidearten bedeckt waren, sind bei dem großen Erdbeben von Riobamba, in der Provinz Quito (4. Februar 1797), wie bei dem von Kalabrien (5. Februar bis 28. März 1783) beobachtet worden. Mit dem letzteren Phänomen des Verdrehens oder Verschiebens der Aecker und Kulturstücke, von welchen gleichsam eines den Platz des anderen angenommen, hängt eine translatorische Bewegung oder Durchdringung einzelner Erdschichten zusammen. Als ich den Plan der zerstörten Stadt Riobamba aufnahm, zeigte man mir die Stelle, wo das ganze Hausgerät einer Wohnung unter den Ruinen einer anderen gefunden worden war. Das lockere Erdreich hatte sich wie eine Flüssigkeit in Strömen bewegt, von denen man annehmen muß, daß sie erst niederwärts, dann horizontal und zuletzt wieder aufwärts gerichtet waren. Streitigkeiten über das Eigentum solcher viele hundert Toisen weit fortgeführten Gegenstände sind von der Audiencia (dem Gerichtshofe) geschlichtet worden.

In Ländern, wo die Erdstöße vergleichungsweise seltener sind (z. B. im südlichen Europa), hat sich nach einer unvollständigen Induktion[126] der sehr allgemeine Glaube gebildet, daß Windstille, drückende Hitze, ein dunstiger Horizont immer Vorboten der Erscheinung seien. Das Irrtümliche dieses Volksglaubens ist aber nicht bloß durch meine eigene Erfahrung widerlegt, es ist es auch durch das Resultat der Beobachtungen aller derer, welche viele Jahre in Gegenden gelebt haben, wo, wie in Cumana, Quito, Peru und Chile, der Boden häufig und gewaltsam erbebt. Ich habe Erdstöße gefühlt bei heiterer Luft und frischem Ostwinde, wie bei Regen und Donnerwetter. Auch die Regelmäßigkeit der stündlichen Veränderungen in der Abweichung der Magnetnadel und im Luftdrucke[127] blieb zwischen den Wendekreisen an dem Tage der Erdstöße ungestört. Damit stimmen die Beobachtungen überein, welche Adolf Erman in der gemäßigten Zone bei einem Erdbeben in Irkutsk nahe am Baikalsee (8. März 1829) anstellte. Durch den starken Erdstoß von Cumana (4. November 1799) fand ich zwar Abweichung und Intensität der magnetischen Kraft gleich unverändert, aber die Neigung der Nadel war zu meinem Erstaunen um 48′ gemindert. Es blieb mir kein Verdacht eines Irrtums; und doch bei so vielen anderen Erdstößen, die ich auf dem Hochlande von Quito und in Lima erlebte, war neben den anderen Elementen des tellurischen

Magnetismus auch die Neigung stets unverändert. Wenn im allgemeinen, was tief in dem Erdkörper vorgeht, durch keinen meteorologischen Prozeß, durch keinen besonderen Anblick des Himmelsgewölbes vorhergekündigt wird, so ist es dagegen, wie wir bald sehen werden, nicht unwahrscheinlich, daß in gewissen sehr heftigen Erderschütterungen der Atmosphäre etwas mitgeteilt werde, und daß daher diese nicht immer rein dynamisch wirken. Während des langen Erzitterns des Bodens in den piemontesischen Thälern von Pelis und Clusson wurden bei gewitterlosem Himmel die größten Veränderungen in der elektrischen Spannung des Luftkreises bemerkt.

Die Stärke des dumpfen Getöses, welches das Erdbeben größtenteils begleitet, wächst keineswegs in gleichem Maße als die Stärke der Oszillationen. Ich habe genau ergründet, daß der große Stoß im Erdbeben von Riobamba (4. Februar 1797) — einem der furchtbarsten Phänomene der physischen Geschichte unseres Erdkörpers — von gar keinem Getöse begleitet war. Das ungeheure Getöse (el gran ruido), welches unter dem Boden der Städte Quito und Ibarra, nicht aber dem Centrum der Bewegung näher in Tacunga und Hambato, vernommen wurde, entstand 18 bis 20 Minuten nach der eigentlichen Katastrophe. Bei dem berühmten Erdbeben von Lima und Callao (28. Oktober 1746) hörte man das Getöse wie einen unterirdischen Donnerschlag in Truxillo auch erst ¾ Stunde später und ohne Erzittern des Bodens. Ebenso wurden lange nach dem großen von Boussingault beschriebenen Erdbeben von Neu-Granada (16. November 1827) im ganzen Caucathale, ohne alle Bewegung, von 30 zu 30 Sekunden mit großer Regelmäßigkeit unterirdische Detonationen gehört. Auch die Natur des Getöses ist sehr verschieden: rollend, rasselnd, klirrend wie bewegte Ketten, ja in der Stadt Quito bisweilen abgesetzt wie ein naher Donner; oder hell klingend, als würden Obsidian- und andere verglaste Massen in unterirdischen Höhlungen zerschlagen. Da feste Körper vortreffliche Leiter des Schalles sind, dieser z. B. in gebranntem Thon 10 bis 12mal schneller sich fortpflanzt als in der Luft, so kann das unterirdische Getöse in großer Ferne von dem Orte vernommen werden, wo es verursacht wird. In Caracas, in den Grasfluren von Calabozo und an den Ufern des Rio Apure, welcher in den Orinoko fällt, in einer Landstrecke von 2300 Quadratmeilen (126645 qkm), hörte man überall am 30. April 1812, ohne alles Erdbeben, ein ungeheures donner-

artiges Getöse, als 158 Meilen (1170 km) davon, in Nordosten, der Vulkan von St. Vincent in den kleinen Antillen aus seinem Krater einen mächtigen Lavastrom ergoß. Es war also der Entfernung nach, als wenn man einen Ausbruch des Vesuvs im nördlichen Frankreich vernähme. Im Jahre 1744, bei dem großen Ausbruch des Vulkans Cotopaxi, hörte man in Honda am Magdalenenstrome unterirdischen Kanonendonner. Der Krater des Cotopaxi liegt aber nicht bloß 17000 Fuß (5520 m) höher als Honda; beide Punkte sind auch durch die kolossalen Gebirgsmassen von Quito, Pasto und Popayan, durch zahllose Thäler und Klüfte, in 109 Meilen (809 km) Entfernung getrennt. Der Schall ward bestimmt nicht durch die Luft, sondern durch die Erde aus großer Tiefe fortgepflanzt. Bei dem heftigen Erdbeben von Neu-Granada (Februar 1835) hörte man unterirdischen Donner gleichzeitig in Popayan, Bogota, Santa Marta und Caracas (hier 7 Stunden lang ohne alle Erschütterung), in Hayti, Jamaika und um den See von Nicaragua.

Diese Schallphänomene, wenn sie von gar keinen fühlbaren Erschütterungen (Erdstößen) begleitet sind, lassen einen besonders tiefen Eindruck selbst bei denen, die schon lange einen oft erbebenden Boden bewohnt haben. Man harrt mit Bangigkeit auf das, was nach dem unterirdischen Krachen folgen wird. Das auffallendste, mit nichts vergleichbare Beispiel von ununterbrochenem unterirdischem Getöse, ohne alle Spur von Erdbeben, bietet die Erscheinung dar, welche auf dem mexikanischen Hochlande unter dem Namen des Gebrülles und unterirdischen Donners (bramidos y truenos subterraneos) von Guanaxuato[148] bekannt ist. Diese berühmte und reiche Bergstadt liegt fern von allen thätigen Vulkanen. Das Getöse dauerte seit Mitternacht des 9. Januar 1784 über einen Monat. Ich habe eine umständliche Beschreibung davon geben können, nach der Aussage vieler Zeugen und nach den Dokumenten der Munizipalität, welche ich benutzen konnte. Es war (vom 13. bis 16. Januar), als lägen unter den Füßen der Einwohner schwere Gewitterwolken, in denen langsam rollender Donner mit kurzen Donnerschlägen abwechselte. Das Getöse verzog sich, wie es gekommen war, mit abnehmender Stärke. Es fand sich auf einen kleinen Raum beschränkt; wenige Meilen davon, in einer basaltreichen Landstrecke, vernahm man es gar nicht. Fast alle Einwohner verließen vor Schrecken die Stadt, in der große Massen

Silberbarren angehäuft waren; die Mutigeren, an den unterirdischen Donner gewöhnt, kehrten zurück und kämpften mit der Räuberbande, welche sich der Schätze bemächtigt hatte. Weder an der Oberfläche der Erde, noch in den 1500 Fuß (488 m) tiefen Gruben war irgend ein leises Erdbeben bemerkbar. In dem ganzen mexikanischen Hochlande ist nie vorher ein ähnliches Getöse vernommen worden, auch hat in der folgenden Zeit die furchtbare Erscheinung sich nicht wiederholt. So öffnen und schließen sich Klüfte im Inneren der Erde; die Schallwellen gelangen zu uns oder werden in ihrer Fortpflanzung gehindert.

Die Wirkung eines feuerspeienden Berges, so furchtbar malerisch auch das Bild ist, welches sie den Sinnen darbietet, ist doch immer auf einen sehr kleinen Raum eingeschränkt. Ganz anders ist es mit den Erdstößen, die, dem Auge kaum bemerkbar, bisweilen gleichzeitig in tausend Meilen Entfernung ihre Wellen fortpflanzen. Das große Erdbeben, welches am 1. November 1755 Lissabon zerstörte und dessen Wirkungen der große Weltweise Immanuel Kant so trefflich nachgespürt hat, wurde in den Alpen, an den schwedischen Küsten, auf den antillischen Inseln (Antigua, Barbados und Martinique), in den großen Seen von Kanada, wie in Thüringen und in dem nördlichen Flachlande von Deutschland, in kleinen Binnenwassern der baltischen Ebenen empfunden. Ferne Quellen wurden in ihrem Lauf unterbrochen, eine Erscheinung bei Erdstößen, auf die im Altertume schon Demetrius der Kallatianer aufmerksam gemacht hatte. Die Teplitzer Thermen versiegten und kamen, alles überschwemmend, mit vielem Eisenocker gefärbt, zurück. In Cadix erhob sich das Meer zu 60 Fuß (19,5 m) Höhe, während in den kleinen Antillen die, gewöhnlich nur 26 bis 28 Zoll (693—743 mm) hohe Flut urplötzlich tintenschwarz 20 Fuß (6,5 m) hoch stieg. Man hat berechnet, daß am 1. November 1755 ein Erdraum gleichzeitig erbebte, welcher an Größe viermal die Oberfläche von Europa übertraf. Auch ist noch keine andere Aeußerung einer Kraft bekannt geworden (die mörderischen Erfindungen unseres eigenen Geschlechts mit eingerechnet), durch welche in dem kurzen Zeitraum von wenigen Sekunden oder Minuten eine größere Zahl von Menschen (sechzigtausend in Sizilien 1693, dreißig- bis vierzigtausend im Erdbeben von Riobamba 1797, vielleicht fünfmal so viel in Kleinasien und Syrien unter Tiber und Justin dem Aelteren um die Jahre 19 und 526) getötet wurden.

Man hat Beispiele in der Andeskette von Südamerika, daß die Erde mehrere Tage hintereinander ununterbrochen erbebte; Erschütterungen aber, die fast zu jeder Stunde monatelang gefühlt wurden, kenne ich nur *fern von allen Vulkanen*: am östlichen Abfall der Alpenkette des Mont Cenis bei Fenestrelles und Pignerol seit April 1808, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zwischen Neu-Madrid und Little Prairie [149] (nördlich von Cincinnati) im Dezember 1811 wie den ganzen Winter 1812, im Paschalik von Aleppo in den Monaten August und September 1822. Da der Volksglaube sich nie zu allgemeinen Ansichten erheben kann und daher immer große Erscheinungen lokalen Erd- und Luftprozessen zuschreibt, so entsteht *überall*, wo die Erschütterungen lange dauern, die Besorgnis vor dem Ausbrechen eines neuen Vulkans. In einzelnen, seltenen Fällen hat sich allerdings diese Besorgnis begründet gezeigt: so bei plötzlicher Erhebung vulkanischer Eilande, so in der Entstehung des Vulkans von Jorullo (eines neuen Berges von 1580 Fuß [513 m] Höhe über der alten benachbarten Ebene) am 29. September 1759, nach 90 Tagen Erdbebens und unterirdischen Donners.

Wenn man Nachricht von dem täglichen Zustande der gesamten Erdoberfläche haben könnte, so würde man sich sehr wahrscheinlich davon überzeugen, daß fast immerdar, an irgend einem Punkte, diese Oberfläche erbebt, daß sie ununterbrochen der Reaktion des Inneren gegen das Aeußere unterworfen ist. Diese Frequenz und Allverbreitung einer Erscheinung, die wahrscheinlich durch die erhöhte Temperatur der tiefsten geschmolzenen Schichten begründet wird, erklärt ihre Unabhängigkeit von der Natur der Gebirgsarten, in denen sie sich äußert. Selbst in den lockersten Alluvialschichten von Holland, um Middelburg und Vliessingen, sind (23. Februar 1828) Erdstöße empfunden worden. Granit und Glimmerschiefer werden wie Flözkalk und Sandstein, wie Trachyt und Mandelstein erschüttert. Es ist nicht die chemische Natur der Bestandteile, sondern die mechanische Struktur der Gebirgsarten, welche die Fortpflanzung der Bewegung (die *Erschütterungswelle*) modifiziert. Wo letztere längs einer Küste oder an dem Fuß und in der Richtung einer Gebirgskette regelmäßig fortläuft, bemerkt man bisweilen, und dies seit Jahrhunderten, eine Unterbrechung an gewissen Punkten. Die Undulation schreitet in der Tiefe fort, wird aber an jenen Punkten an der Oberfläche nie gefühlt. Die Peruaner [150] sagen von diesen un-

bewegten oberen Schichten, „daß sie eine Brücke bilden". Da die Gebirgsketten auf Spalten erhoben scheinen, so mögen die Wände dieser Höhlungen die Richtung der den Ketten parallelen Undulationen begünstigen; bisweilen durchschneiden aber auch die Erschütterungswellen mehrere Ketten fast senkrecht. So sehen wir sie in Südamerika die Küstenkette von Venezuela und die Sierra Parime gleichzeitig durchbrechen. In Asien haben sich die Erdstöße von Lahore und vom Fuß des Himalaya (22. Januar 1832), quer durch die Kette des Hindu-Khu, bis Badachschan, bis zum oberen Oxus, ja bis Bochara fortgepflanzt. Leider erweitern sich auch die Erschütterungskreise infolge eines einzigen sehr heftigen Erdbebens. Erst seit der Zerstörung von Cumana (14. Dezember 1797) empfindet die, den Kalkhügeln der Festung gegenüberliegende Halbinsel Maniquarez in ihren Glimmerschieferfelsen jeden Erdstoß der südlichen Küste. Bei den fast ununterbrochenen Undulationen des Bodens in den Flußthälern des Mississippi, des Arkansas und des Ohio von 1811 bis 1813 war das Fortschreiten von Süden nach Norden sehr auffallend. Es ist, als würden unterirdische Hindernisse allmählich überwunden; und auf dem einmal geöffneten Wege pflanzt sich dann die Wellenbewegung jedesmal fort.

Wenn das Erdbeben dem ersten Anscheine nach ein bloßes dynamisches, räumliches Phänomen der Bewegung zu sein scheint, so erkennt man doch nach sehr wahrhaft bezeugten Erfahrungen, daß es nicht bloß ganze Landstrecken über ihr altes Niveau zu erheben vermag (z. B. Ulla-Bund nach dem Erdbeben von Cutsch im Juni 1819, östlich von dem Delta des Indus, oder längs der Küste von Chile im November 1822), sondern daß auch während der Erdstöße heißes Wasser (bei Catania 1818), heiße Dämpfe (im Mississippithale bei Neu-Madrid 1812), Mofetten (irrespirable Gasarten), den weidenden Herden in der Andeskette schädlich, Schlamm, schwarzer Rauch, und selbst Flammen (bei Messina 1783, bei Cumana 14. November 1797) ausgestoßen wurden. Während des großen Erdbebens von Lissabon am 1. November 1755 sah man nahe bei der Hauptstadt Flammen und eine Rauchsäule aus einer neugebildeten Spalte des Felsens von Alvidras aufsteigen. Der Rauch war jedesmal um so dicker, als das unterirdische Getöse an Stärke zunahm. Bei der Zerstörung von Riobamba im Jahre 1797, wo die Erdstöße von keinem Ausbruch der sehr nahen Vulkane begleitet waren, wurde die

Moya, eine sonderbare, mit Kohle, Augitkristallen und Kieselpanzern der Infusionstiere gemengte Masse, in zahlreichen kleinen fortschreitenden Kegeln aus der Erde hervorgehoben. Der Ausbruch des kohlensauren Gases auf Spalten während des Erdbebens von Neu-Granada (16. November 1827) im Magdalenathale verursachte das Ersticken vieler Schlangen, Ratten und anderer in Höhlen lebender Tiere. Auch plötzliche Veränderungen der Witterung, plötzliches Eintreten der Regenzeit zu einer unter den Tropen ungewöhnlichen Epoche sind bisweilen in Quito und Peru auf große Erdbeben gefolgt. Werden gasförmige, aus dem Inneren der Erde aufsteigende Flüssigkeiten der Atmosphäre beigemischt? oder sind diese meteorologischen Prozesse die Wirkung einer durch das Erdbeben gestörten Luftelektrizität? In den Gegenden des tropischen Amerikas, wo bisweilen in zehn Monaten kein Tropfen Regen fällt, halten die Eingeborenen sich oft wiederholende Erdstöße, die den niedrigen Rohrhütten keine Gefahr bringen, für glückliche Vorboten der Fruchtbarkeit und der Regenmenge.

Der innere Zusammenhang aller hier geschilderten Erscheinungen ist noch in Dunkel gehüllt. Elastische Flüssigkeiten sind es gewiß, die sowohl das leise, ganz unschädliche, mehrere Tage dauernde Zittern der Erdrinde (wie 1816 zu Seaccia in Sizilien vor der vulkanischen Erhebung der neuen Insel Julia) als die, sich durch Getöse verkündigenden, furchtbareren Explosionen verursachen. Der Herd des Uebels, der Sitz der bewegenden Kraft liegt tief unter der Erdrinde; wie tief, wissen wir ebensowenig, als welches die chemische Natur so hochgespannter Dämpfe sei. An zwei Kraterrändern gelagert, am Vesuv und auf dem turmartigen Fels, welcher den ungeheuren Schlund des Pinchincha bei Quito überragt, habe ich periodisch und sehr regelmäßig Erdstöße empfunden, jedesmal 20 bis 30 Sekunden früher als brennende Schlacken oder Dämpfe ausgestoßen wurden. Die Erschütterung war um so stärker, als die Explosionen später eintraten und also die Dämpfe länger angehäuft blieben. In dieser einfachen, von so vielen Reisenden bestätigten Erfahrung liegt die allgemeine Lösung des Phänomens. Die thätigen Vulkane sind als Schutz- und Sicherheitsventile für die nächste Umgegend zu betrachten.[131] Die Gefahr des Erdbebens wächst, wenn die Oeffnungen der Vulkane verstopft, ohne freien Verkehr mit der Atmosphäre sind; doch lehrt der Umsturz von Lissabon, Caracas, Lima, Kaschmir (1554), und so vieler Städte von Kalabrien, Syrien

und Kleinasien, daß im ganzen doch nicht in der Nähe noch brennender Vulkane die Kraft der Erdstöße am größten ist.

Wie die gehemmte Thätigkeit der Vulkane auf die Erschütterung des Bodens wirkt, so reagiert diese wiederum auf die vulkanischen Erscheinungen selbst. Eröffnung von Spalten begünstigt das Aufsteigen der Eruptionskegel und die Prozesse, welche in diesen Kegeln in freiem Kontakt mit dem Luftkreise vorgehen. Eine Rauchsäule, die man monatelang in Südamerika aus dem Vulkan von Pasto aufsteigen sah, verschwand plötzlich, als 48 Meilen weit in Süden (am 4. Februar 1797) die Provinz Quito das große Erdbeben von Riobamba erlitt. Nachdem lange in ganz Syrien, in den Kykladen und auf Euböa der Boden erbebt hatte, hörten die Erschütterungen plötzlich auf, als sich in der lelantischen Ebene bei Chalcis ein Strom „glühenden Schlammes" (Lava aus einer Spalte) ergoß.[132] Der geistreiche Geograph von Amasea, der uns diese Nachricht aufbewahrt, setzt hinzu: „Seitdem die Mündungen des Aetna geöffnet sind, durch welche das Feuer emporbläst, und seitdem Glühmassen und Wasser hervorstürzen können, wird das Land am Meeresstrande nicht mehr so oft erschüttert als zu der Zeit, wo, vor der Trennung Siziliens von Unteritalien, alle Ausgänge in der Oberfläche verstopft waren."

In dem Erdbeben offenbart sich demnach eine vulkanischvermittelnde Macht; aber eine solche Macht, allverbreitet wie die innere Wärme des Planeten, und überall sich selbst verkündend, wird selten und dann nur an einzelnen Punkten bis zu wirklichen Ausbruchsphänomenen gesteigert. Die Gangbildung, d. h. die Ausfüllung der Spalten mit kristallinischen, aus dem Inneren hervorquellenden Massen (Basalt, Melaphyr und Grünstein), stört allmählich die freie Kommunikation der Dämpfe. Durch Spannung wirken diese dann auf dreierlei Weise: erschütternd; oder plötzlich, d. i. ruckweise, hebend; oder, wie zuerst in einem großen Teil von Schweden beobachtet worden ist, ununterbrochen, und nur in langen Perioden bemerkbar, das Niveauverhältnis von Meer und Land umändernd.

Ehe wir diese große Erscheinung verlassen, die hier nicht sowohl in ihren Einzelheiten als in ihren allgemeinen physikalischen und geognostischen Verhältnissen betrachtet worden ist, müssen wir noch die Ursache des unaussprechlich tiefen und ganz eigentümlichen Eindrucks berühren, welchen das erste Erdbeben, das wir empfinden, sei es auch von keinem unterirdischen Getöse begleitet, in uns zurückläßt. Ein solcher Eindruck,

glaube ich, ist nicht Folge der Erinnerung an die Schreckensbilder der Zerstörung, welche unserer Einbildungskraft aus Erzählungen historischer Vergangenheit vorschweben. Was uns so wunderbar ergreift, ist die Enttäuschung von dem angeborenen Glauben an die Ruhe und Unbeweglichkeit des Starren, der festen Erdschichten. Von früher Kindheit sind wir an den Kontrast zwischen dem beweglichen Element des Wassers und der Unbeweglichkeit des Bodens gewöhnt, auf dem wir stehen. Alle Zeugnisse unserer Sinne haben diesen Glauben befestigt. Wenn nun urplötzlich der Boden erbebt, so tritt geheimnisvoll eine unbekannte Naturmacht als das Starre bewegend, als etwas Handelndes auf. Ein Augenblick vernichtet die Illusion des ganzen früheren Lebens. Enttäuscht sind wir über die Ruhe der Natur; wir fühlen uns in den Bereich zerstörender, unbekannter Kräfte versetzt. Jeder Schall, die leiseste Regung der Lüfte spannt unsere Aufmerksamkeit. Man traut gleichsam dem Boden nicht mehr, auf den man tritt. Das Ungewöhnliche der Erscheinung bringt dieselbe ängstliche Unruhe bei Tieren hervor. Schweine und Hunde sind besonders davon ergriffen. Die Krokodile im Orinoko, sonst so stumm als unsere kleinen Eidechsen, verlassen den erschütterten Boden des Flusses und laufen brüllend dem Walde zu.

Dem Menschen stellt sich das Erdbeben als etwas Allgegenwärtiges, Unbegrenztes dar. Von einem thätigen Ausbruchkrater, von einem auf unsere Wohnung gerichteten Lavastrom kann man sich entfernen, bei dem Erdbeben glaubt man sich überall, wohin auch die Flucht gerichtet sei, über dem Herd des Verderbens. Ein solcher Zustand des Gemüts, aus unserer innersten Natur hervorgerufen, ist aber nicht von langer Dauer. Folgt in einem Lande eine Reihe von schwachen Erdstößen aufeinander, so verschwindet bei den Bewohnern fast jegliche Spur der Furcht. An den regenlosen Küsten von Peru kennt man weder Hagel, noch den rollenden Donner und die leuchtenden Explosionen im Luftkreise. Den Wolkendonner ersetzt dort das unterirdische Getöse, welches die Erdstöße begleitet. Vieljährige Gewohnheit und die sehr verbreitete Meinung, als seien gefahrbringende Erschütterungen nur zwei- oder dreimal in einem Jahrhundert zu befürchten, machen, daß in Lima schwache Oszillationen des Bodens kaum mehr Aufmerksamkeit erregen als ein Hagelwetter in der gemäßigten Zone.

Nachdem wir so die Thätigkeit, gleichsam das innere Leben der Erde in ihrem Wärmegehalt, in ihrer elektromagne-

tischen Spannung, in ihrer Lichtausströmung an den Polen, in ihren unregelmäßig wiederkehrenden Erscheinungen der Bewegung übersichtlich betrachtet haben, gelangen wir zu den stoffartigen Produktionen (chemischen Veränderungen in der Erdrinde und in der Zusammensetzung des Dunstkreises), welche ebenfalls die Folge planetarischer Lebensthätigkeit sind. Wir sehen aus dem Boden ausströmen: Wasserdämpfe und gasförmige Kohlensäure, meist frei von aller Beimengung von Stickstoff; gekohltes Wasserstoffgas (in der chinesischen Provinz Setschuan [133] seit Jahrtausenden, in dem nordamerikanischen Staate von New York im Dorfe Fredonia ganz neuerdings zum Kochen und zur Beleuchtung benutzt); Schwefelwasserstoffgas und Schwefeldampf, seltener [134] schweflige und Hydrochlorsäure. Solche Ausströmungen aus Erdspalten bezeichnen nicht bloß die Gebiete noch brennender oder längst erloschener Vulkane, man beobachtet sie auch ausnahmsweise in Gegenden, in denen nicht Trachyt und andere vulkanische Gesteine unbedeckt zu Tage ausstehen. In der Andeskette von Quindiu habe ich Schwefel in einer Höhe von 6410 Fuß (2082 m) über dem Meere sich im Glimmerschiefer aus warmen Schwefeldämpfen niederschlagen gesehen, während daß dieselbe, einst für uranfänglich gehaltene Gebirgsart in dem Cerro Cuello bei Ticsan (südlich von Quito) ein ungeheures Schwefellager in reinem Quarze zeigt.

Unter allen Luftquellen sind die Exhalationen der Kohlensäure (sogenannte Mofetten) noch heute, der Zahl und Quantität der Produktion nach, die wichtigsten. Unser deutsches Vaterland lehrt uns, wie in den tief eingeschnittenen Thälern der Eifel, in der Umgebung des Laacher Sees, im Kesselthal von Wehr und in dem westlichen Böhmen, gleichsam in den Brandstätten der Vorwelt, oder in ihrer Nähe, sich die Ausströmungen der Kohlensäure, als letzte Regungen der vulkanischen Thätigkeit, offenbaren. In den früheren Perioden, wo, bei erhöhter Erdwärme und bei der Häufigkeit noch unausgefüllter Erdspalten, die Prozesse, welche wir hier beschreiben, mächtiger wirkten, wo Kohlensäure und heiße Wasserdämpfe in größeren Massen sich der Atmosphäre beimischten, muß, wie Adolf Brongniart scharfsinnig entwickelt hat, die junge Pflanzenwelt, fast überall und unabhängig von der geographischen Ortsbreite, zu der üppigsten Fülle und Entwickelung ihrer Organe gelangt sein. In den immer warmen, immer feuchten, mit Kohlensäure überschwängerten Luftschichten müssen

die Gewächse in solchem Grade Lebenserregung und Ueberfluß an Nahrungsstoff gefunden haben, daß sie das Material zu den Steinkohlen- und Lignitenschichten hergeben konnten, welche in schwer zu erschöpfenden Massen die physischen Kräfte und den Wohlstand der Völker begründen. Solche Massen sind vorzugsweise, und wie in Becken verteilt, gewissen Punkten Europas eigen. Sie sind angehäuft in den britischen Inseln, in Belgien, in Frankreich, am Niederrhein und in Oberschlesien. In derselben Urzeit allverbreiteter vulkanischer Thätigkeit ist auch dem Schoße der Erde entquollen die ungeheure Menge Kohlenstoffes, welchen die Kalkgebirge in ihrer Zusammensetzung enthalten und welcher, vom Sauerstoff getrennt und in fester Substanz ausgeschieden, ungefähr den achten Teil der räumlichen Mächtigkeit jener Gebirge ausmachen würde. Was unaufgenommen von den alkalischen Erden dem Luftkreis an Kohlensäure noch beigemengt war, wurde allmählich durch die Vegetation der Vorwelt aufgezehrt, so daß davon der Atmosphäre, wenn sie der Prozeß des Pflanzenlebens gereinigt, nur der so überaus geringe Gehalt übrig blieb, welcher der jetzigen Organisation der Tiere unschädlich ist. Auch häufiger ausbrechende schwefelsaure Dämpfe haben in den vielbelebten Binnenwassern der Urwelt den Untergang von Mollusken- und Fischgattungen, wie die Bildung der vielgekrümmten, wahrscheinlich oft durch Erdbeben erschütterten Gipsflöze bewirkt.

Unter ganz ähnlichen physischen Verhältnissen steigen aus dem Schoße der Erde hervor: Luftarten, tropfbare Flüssigkeiten, Schlamm und durch den Ausbruchkegel der Vulkane, welche selbst nur eine Art *intermittierender Quellen* sind, geschmolzene Erden. Alle diese Stoffe verdanken ihre Temperatur und ihre chemische Naturbeschaffenheit dem Ort ihres Ursprungs. Die *mittlere* Wärme der Wasserquellen ist geringer als die des Luftkreises an dem Punkte, wo sie ausbrechen, wenn die Wasser von den Höhen herabkommen, ihre Wärme nimmt mit der Tiefe der Erdschichten zu, welche sie bei ihrem Ursprunge berühren. Das numerische Gesetz dieser Zunahme haben wir bereits oben angegeben. Das Gemisch der Wasser, welche aus der Höhe der Berge oder aus der Tiefe der Erde kommen, macht die Lage der *Isogeothermen*[135] (Linien gleicher innerer Erdwärme) schwierig zu bestimmen, wenn nämlich diese Bestimmung aus der Temperatur der ausbrechenden Wasserquellen geschlossen werden soll. So haben es eigene Beobachtungen mich und meine Gefährten

in dem nördlichen Asien gelehrt. Die Temperatur der Quellen, welche seit einem halben Jahrhundert ein so viel bearbeiteter Gegenstand der physikalischen Untersuchungen geworden ist, hängt, wie die Höhe des ewigen Schnees, von vielen, sehr verwickelten Ursachen gleichzeitig ab. Sie ist Funktion der Temperatur der Erdschicht, in der sie entspringt, der Wärmekapazität des Bodens, der Menge und Temperatur der Meteorwasser, welche letztere selbst wiederum nach der Art ihrer Entstehung von der Lufttemperatur der unteren Atmosphäre verschieden [136] ist.

Die sogenannten kalten Quellen können die mittlere Lufttemperatur nur dann anzeigen, wenn sie, ungemischt mit den aus großer Tiefe aufsteigenden oder von beträchtlichen Berghöhen herabkommenden Wassern, einen sehr langen Weg (in unseren Breiten zwischen vierzig und sechzig Fuß (20,7 m), in der Aequinoktialzone nach Boussingault einen Fuß [137]) unter der Oberfläche der Erde zurückgelegt haben. Die hier bezeichneten Tiefen sind nämlich die der Erdschicht, in welcher, in der gemäßigten und in der heißen Zone, die Unveränderlichkeit der Temperatur beginnt, in der die stündlichen, täglichen oder monatlichen Wärmeveränderungen der Luft nicht mehr gespürt werden.

Heiße Quellen brechen aus den allerverschiedenartigsten Gebirgsarten hervor; ja die heißesten unter den permanenten, die man bisher beobachtet und die ich selbst aufgefunden, zeigen sich fern von allen Vulkanen. Ich führe hier aus meinem Reiseberichte die Aguas calientes de las Trincheras in Südamerika, zwischen Porto Cabello und Nueva Valencia, und die Aguas de Comangillas im mexikanischen Gebiete bei Guanaxuato an; die ersten, aus Granit ausbrechend, hatten 90°,3, die zweiten aus Basalt ausbrechend, 96°,4. Die Tiefe des Herdes, aus welchem Wasser von dieser Temperatur aufsteigen, ist nach dem, was wir von dem Gesetz der Wärmezunahme im Inneren der Erde wissen, wahrscheinlich an 6700 Fuß (2176 m, über $\frac{1}{4}$ einer geographischen Meile). Wenn die Ursache der Thermalquellen wie der thätigen Vulkane die allverbreitete Erdwärme ist, so wirken die Gebirgsarten nur durch ihre Wärmekapazität und ihre wärmeleitende Kraft. Die heißesten aller permanenten Quellen (zwischen 95° und 97°) sind merkwürdigerweise die reinsten, die, welche am wenigsten Mineralstoffe aufgelöst enthalten. Ihre Temperatur scheint im ganzen auch minder beständig als die der Quellen

zwischen 50° und 74°, deren Unveränderlichkeit in Wärme und Mineralgehalt, in Europa wenigstens, seit den fünfzig bis sechzig Jahren, in denen man genaue Thermometer und genaue chemische Analysen angewandt, sich so wunderbar bewährt hat. Boussingault hat gefunden, daß die Therme von las Trincheras seit meiner Reise in 23 Jahren (zwischen 1800 und 1823) von 90°,3 auf 97° gestiegen ist. [138] Diese überaus ruhig fließende Quelle ist also jetzt fast 7° heißer als die intermittierenden Springbrunnen des Geiser und des Strokr, deren Temperatur Krug von Nidda neuerlichst sorgfältiger bestimmt hat. Einen der auffallendsten Beweise von der Entstehung heißer Quellen durch das Herabsinken kalter Meteorwasser in das Innere der Erde und durch Berührung mit einem vulkanischen Herde hat erst im vorigen Jahrhundert ein vor meiner amerikanischen Reise unbekannter Vulkan, der von Jorullo in Mexiko, dargeboten. Als sich derselbe im September 1759 plötzlich als ein Berg von 1580 Fuß (513 m) über die umliegende Ebene erhob, verschwanden die zwei kleinen Flüsse, Rios de Cuitimba y de San Pedro, und erschienen einige Zeit nachher unter furchtbaren Erdstößen als heiße Quellen. Ich fand im Jahre 1803 ihre Temperatur zu 65°,8.

Die Quellen in Griechenland fließen erweislich noch an denselben Orten wie in dem hellenischen Altertume. Die Erasinusquelle, zwei Stunden Weges südlich von Argos am Abhange des Chaon, erwähnt schon Herodot. Bei Delphi sieht man noch die Kassotis (jetzt Brunnen des heil. Nikolaos), südlich von der Lesche entspringend und unter dem Apollotempel durchfließend; auch die Kastalia am Fuß der Phädriaden und die Pirene bei Akrokorinth, wie die heißen Bäder von Aedepsos auf Euböa, in denen Sulla während des Mithridatischen Krieges badete. [139] Ich führe gern diese Einzelheiten an, weil sie lebhaft daran erinnern, wie in einem so häufigen und heftigen Erderschütterungen ausgesetzten Lande doch das Innere unseres Planeten in kleinen Verzweigungen offener und Wasser führender Spalten, wenigstens 2000 Jahre lang seine alte Gestaltung hat bewahren können. Auch die Fontaine jaillissante von Lillers im Departement du Pas de Calais ist bereits im Jahre 1126 erbohrt worden, und seitdem ununterbrochen zu derselben Höhe mit derselben Wassermenge gestiegen; ja, der vortreffliche Geograph der caramanischen Küste, Kapitän Beaufort, hat dieselbe Flamme, genährt von ausströmendem brennbarem

Gas, im Gebiet des Phaselis leuchten sehen, welche Plinius als die Flamme der Chimära in Lycien beschreibt.

Die von Arago 1821 gemachte Beobachtung, daß die tieferen artesischen Brunnen die wärmeren sind, hat zuerst ein großes Licht auf den Ursprung der Thermalquellen und auf die Auffindung des Gesetzes der mit der Tiefe zunehmenden Erdwärme verbreitet. Auffallend ist es und erst in sehr neuer Zeit beachtet, daß schon der heilige Patricius, wahrscheinlich Bischof von Pertusa, durch die bei Karthago ausbrechenden heißen Quellen am Ende des 3. Jahrhunderts auf eine sehr richtige Ansicht der Erscheinungen geleitet wurde. Als man ihn nach der Ursache der siedenden, dem Erdschoß entquellenden Wasser befragte, antwortete er: „Feuer wird in den Wolken genährt und im Inneren der Erde, wie der Aetna samt einem anderen Berge in der Nähe von Neapel euch lehren. Die unterirdischen Wasser steigen wie durch Heber empor. Die Ursache der heißen Quellen ist diese: die Wasser, welche vom unterirdischen Feuer entfernter sind, zeigen sich kälter; die, welche dem Feuer näher entquellen, bringen, durch dasselbe erwärmt, eine unerträgliche Hitze an die Oberfläche, die wir bewohnen."

So wie die Erderschütterungen oft von Wasser- und Dampfausbrüchen begleitet sind, so erkennt man in den Salsen oder kleinen Schlammvulkanen einen Uebergang von den wechselnden Erscheinungen, welche die Dampfausbrüche und Thermalquellen darbieten, zu der mächtigen und grausenvollen Thätigkeit lavaspeiender Berge. Wenn diese als Quellen geschmolzener Erden vulkanische Gebirgsarten hervorbringen, so erzeugen heiße, mit Kohlensäure und Schwefelgas geschwängerte Quellwasser ununterbrochen, durch Niederschlag, horizontal aufeinander gelagerte Schichten von Kalkstein (Travertino), oder bauen konische Hügel auf, wie im nördlichen Afrika (Algerien) und in den Baños von Caxamarca, an dem westlichen Abhange der peruanischen Andeskette. In dem Travertino von Vandiemensland (unweit Hobarttown) sind nach Charles Darwin Reste einer untergegangenen Vegetation enthalten. Wir deuten hier durch Lava und Travertino (zwei Gebirgsarten, die fortfahren sich unter unseren Augen zu bilden) auf die Hauptgegensätze geognostischer Verhältnisse.

Die Salsen oder Schlammvulkane verdienen mehr Aufmerksamkeit, als die Geognosten ihnen bisher geschenkt haben.

Man hat die Größe des Phänomens verkannt, weil von den zwei Zuständen, die es durchläuft, in den Beschreibungen gewöhnlich nur bei dem letzteren, dem friedlicheren Zustande, in dem sie jahrhundertelang beharren, verweilt wird. Die Entstehung der Salsen ist durch Erdbeben, unterirdischen Donner, Hebung einer ganzen Länderstrecke und einen hohen, aber auf eine kurze Dauer beschränkten Flammenausbruch bezeichnet. Als auf der Halbinsel Apscheron, am Kaspischen Meere, östlich von Baku, die Salse von Jokmali sich zu bilden anfing (27. November 1827), loderten die Flammen drei Stunden lang zu einer außerordentlichen Höhe empor; die nachfolgenden 20 Stunden erhoben sie sich kaum 3 Fuß (1 m) über dem schlammauswerfenden Krater. Bei dem Dorfe Ballichli, westlich von Baku, stieg die Feuersäule so hoch, daß man sie in sechs Meilen (44,5 km) Entfernung sehen konnte. Große Felsblöcke, der Tiefe entrissen, wurden weit umhergeschleudert. Diese findet man auch um die gegenwärtig so friedlichen Schlammvulkane von Monte Zibio, nahe bei Sassuolo im nördlichen Italien. Der Zustand des zweiten Stadiums hat sich über $1^1/_2$ Jahrtausende in den von den Alten beschriebenen Salsen von Girgenti (den Macalubi) auf Sizilien erhalten. Dort stehen, nahe aneinander gereiht, viele kegelförmige Hügel von 8, 10, ja 30 Fuß (2,5, 3,25 und 9,75 m) Höhe, die veränderlich ist, wie ihre Gestaltung. Aus dem oberen, sehr kleinen und mit Wasser gefüllten Becken fließt, unter periodischer Entwickelung von Gas, lettiger Schlamm in Strömen herab. Dieser Schlamm ist gewöhnlich kalt, bisweilen (auf der Insel Java bei Damak in der Provinz Samarang) von hoher Temperatur. Auch die mit Geräusch ausströmenden Gasarten sind verschiedenartig: Wasserstoffgas mit Naphtha gemengt, Kohlensäure und, wie Parrot und ich erwiesen haben (auf der Halbinsel Taman und in den südamerikanischen Volcancitos de Turbaco), fast reines Stickgas.[140]

Die Schlammvulkane bieten dem Beobachter, nach dem ersten gewaltsamen Feuerausbruch, der vielleicht in gleichem Maße nicht einmal allen gemein ist, das Bild einer meist ununterbrochen fortwirkenden aber schwachen Thätigkeit des inneren Erdkörpers dar. Die Kommunikation mit den tiefen Schichten, in denen eine hohe Temperatur herrscht, wird bald wieder in ihnen verstopft, und die kalten Ausströmungen der Salsen scheinen zu lehren, daß der Sitz des Phänomens im Beharrungszustande nicht sehr weit von der Oberfläche entfernt sein könne.

Von ganz anderer Mächtigkeit zeigt sich die Reaktion des inneren Erdkörpers auf die äußere Rinde in den eigentlichen Vulkanen oder feuerspeienden Bergen, d. i. in solchen Punkten der Erde, in welchen eine bleibende oder wenigstens von Zeit zu Zeit erneuerte Verbindung mit einem tiefen Herde sich offenbart. Man muß sorgfältig unterscheiden zwischen mehr oder minder gesteigerten vulkanischen Erscheinungen, als da sind: Erdbeben, heiße Wasser- und Dampfquellen, Schlammvulkane, das Hervortreten von glocken- und domförmigen ungeöffneten Trachytbergen, die Oeffnung dieser Berge oder der emporgehobenen Basaltschichten als Erhebungskrater, endliches Aufsteigen eines permanenten Vulkans in dem Erhebungskrater selbst oder zwischen den Trümmern seiner ehemaligen Bildung. Zu verschiedenen Zeiten, bei verschiedenen Graden der Thätigkeit und Kraft, stoßen die permanenten Vulkane Wasserdämpfe, Säuren, weitleuchtende Schlacken oder, wenn der Widerstand überwunden werden kann, bandförmig schmale Feuerströme geschmolzener Erden aus.

Als Folge einer großen, aber lokalen Kraftäußerung im Inneren unseres Planeten heben elastische Dämpfe entweder einzelne Teile der Erdrinde zu domförmigen, ungeöffneten Massen feldspatreichen Trachyts und Dolerits (Puy de Dôme und Chimborazo) empor, oder es werden die gehobenen Schichten durchbrochen, und dergestalt nach außen geneigt, daß auf der entgegengesetzten inneren Seite ein steiler Felsrand entsteht. Dieser Rand wird dann die Umgebung eines Erhebungskraters.[141] Wenn derselbe, was keineswegs immer der Fall ist, von dem Meeresgrunde selbst aufgestiegen ist, so hat er die ganze physiognomische Gestaltung der gehobenen Insel bestimmt. Dies ist die Entstehung der zirkelrunden Form von Palma, die Leopold von Buch so genau und geistreich beschrieben, und von Nisyros im Aegäischen Meere. Bisweilen ist die eine Hälfte des ringförmigen Randes zerstört, und in dem Busen, den das eingedrungene Meer gebildet, haben gesellige Korallentiere ihre zelligen Wohnungen aufgebaut. Auch auf den Kontinenten sind die Erhebungskrater oft mit Wasser gefüllt und verschönern auf eine ganz eigentümliche Weise den Charakter der Landschaft.

Ihre Entstehung ist nicht an eine bestimmte Gebirgsart gebunden; sie brechen aus in Basalt, Trachyt, Leucitporphyr (Somma), oder in doleritartigem Gemenge von Augit und Labrador. Daher die so verschiedene Natur und äußere

Gestaltung dieser Art der Kraterränder. „Von solchen Umgebungen gehen keine Eruptionserscheinungen aus; es ist durch sie kein bleibender Verbindungskanal mit dem Inneren eröffnet, und nur selten findet man in der Nachbarschaft oder im Inneren eines solchen Kraters Spuren von noch wirkender vulkanischer Thätigkeit. Die Kraft, welche eine so bedeutende Wirkung hervorzubringen vermochte, muß sich lange im Inneren gesammelt und verstärkt haben, ehe sie den Widerstand der darauf drückenden Masse überwältigen konnte. Sie reißt bei Entstehung neuer Inseln körnige Gebirgsarten und Konglomerate (Tuffschichten voll Seepflanzen) über die Oberfläche des Meeres empor. Durch den Erhebungskrater entweichen die gespannten Dämpfe; eine so große erhobene Masse fällt aber wieder zurück und verschließt sofort die nur für solche Kraftäußerung gebildete Oeffnung. Es entsteht kein Vulkan.[112]

Ein eigentlicher Vulkan entsteht nur da, wo eine bleibende Verbindung des inneren Erdkörpers mit dem Luftkreise errungen ist. In ihm ist die Reaktion des Inneren gegen die Oberfläche in langen Epochen dauernd. Sie kann, wie einst beim Vesuv (Fisove[113]), jahrhundertelang unterbrochen sein und dann doch wieder in erneuerter Thätigkeit sich darbieten. Zu Neros Zeiten war man in Rom schon geneigt, den Aetna in die Klasse allmählich erlöschender Feuerberge zu setzen; ja später behauptete Aelian sogar, die Seefahrer fingen an, den einsinkenden Gipfel weniger weit vom hohen Meere aus zu sehen. Wo die Zeugen des ersten Ausbruchs, ich möchte sagen, das alte Gerüste sich vollständig erhalten hat, da steigt der Vulkan aus einem Erhebungskrater empor, da umgibt den isolierten Kegelberg cirkusartig eine hohe Felsmauer, ein Mantel, der aus stark aufgerichteten Schichten besteht. Bisweilen ist von dieser cirkusartigen Umgebung keine Spur mehr sichtbar, und der Vulkan, nicht immer ein Kegelberg, steigt auch als ein langgedehnter Rücken, wie der Pichincha, an dessen Fuß die Stadt Quito liegt, unmittelbar aus der Hochebene auf.

Wie die Natur der Gebirgsarten, d. h. die Verbindung (Gruppierung) einfacher Mineralien zu Granit, Gneis und Glimmerschiefer, zu Trachyt, Basalt und Dolerit, unabhängig von den jetzigen Klimaten, unter den verschiedensten Himmelsstrichen dieselbe ist, so sehen wir auch überall in der anorganischen Natur gleiche Gesetze der Gestaltung sich enthüllen, Gesetze, nach welchen die Schichten der Erdrinde sich wechselseitig tragen, gangartig durchbrechen, durch elastische Kräfte

sich heben. In den Vulkanen ist dieses Wiederkehren derselben Erscheinungen besonders auffallend. Wo dem Seefahrer nicht mehr die alten Sterne leuchten, auf Inseln ferner Meere, von Palmen und fremdartigen Gewächsen umgeben, sieht er in den Einzelheiten des landschaftlichen Charakters den Vesuv, die domförmigen Gipfel der Auvergne, die Erhebungskrater der kanarischen und azorischen Inseln, die Ausbruchsspalten von Island wiederkehrend abgespiegelt; ja ein Blick auf den Begleiter unseres Planeten, den Erdmond, verallgemeinert die hier bemerkte Analogie der Gestaltung. In den, mittels großer Fernröhre entworfenen Karten des luft- und wasserlosen Satelliten erkennt man mächtige Erhebungskrater, welche Kegelberge umgeben oder sie auf ihren Ringwällen tragen: unbestreitbare Wirkungen der Reaktion des Inneren gegen die Oberfläche des Mondes, begünstigt von dem Einfluß einer geringeren Schwere.

Wenn in vielen Sprachen Vulkane mit Recht feuerspeiende Berge genannt werden, so ist ein solcher Berg darum keineswegs durch eine allmähliche Anhäufung von ausfließenden Lavaströmen gebildet; seine Entstehung scheint vielmehr allgemein die Folge eines plötzlichen Emporhebens zäher Massen von Trachyt oder labradorhaltigem Augitgesteine zu sein. Das Maß der hebenden Kraft offenbart sich in der Höhe der Vulkane, und diese ist so verschieden, daß sie bald die Dimension eines Hügels (Vulkan von Cosima, einer der japanischen Kurilen), bald die eines 18000 Fuß (5850 m) hohen Kegels hat. Es hat mir geschienen, als sei das Höhenverhältnis von großem Einfluß auf die Frequenz der Ausbrüche, als wären diese weit häufiger in den niedrigeren als in den höheren Vulkanen. Ich erinnere an die Reihenfolge: Stromboli (2175 Fuß = 706 m), der fast täglich donnernde Guacamayo in der Provinz Quixos (ich habe ihn oft in 22 Meilen [163 km] Entfernung in Chillo bei Quito gehört), der Vesuv (3637 F. = 1181 m), Aetna (10200 F. = 3313 m), Pik von Tenerifa (11424 F. = 3711 m) und Cotopaxi (17892 F. = 5812 m). Ist der Herd dieser Vulkane in gleicher Tiefe, so gehört eine größere Kraft dazu, die geschmolzenen Massen zu einer sechs- und achtmal größeren Höhe zu erheben. Während daß der niedrige Stromboli (Strongyle) rastlos arbeitet, wenigstens seit den Zeiten homerischer Sagen, und, ein Leuchtturm des Tyrrhenischen Meeres, den Seefahrern zum leitenden Feuerzeichen wird, sind die höheren Vulkane durch

lange Zwischenzeiten von Ruhe charakterisiert. So sehen wir die Eruptionen der meisten Kolosse, welche die Andesketten krönen, fast durch ein ganzes Jahrhundert voneinander getrennt. Wo man Ausnahmen von diesem Gesetze bemerkt, auf welches ich längst schon aufmerksam gemacht habe, mögen sie in dem Umstande gegründet sein, daß die Verbindungen zwischen dem vulkanischen Herde und dem Ausbruchkrater nicht bei allen Vulkanen, die man vergleicht, in gleichem Maße als permanent frei gedacht werden können. In den niedrigen mag eine Zeitlang der Verbindungskanal verschlossen sein, so daß ihre Ausbrüche seltener werden, ohne daß sie deshalb dem Erlöschen näher sind.

Mit den Betrachtungen über das Verhältnis der absoluten Höhe zur Frequenz der Entflammung des Vulkans, insofern dieselbe äußerlich sichtbar ist, steht in genauem Zusammenhange der Ort, an welchem die Lava sich ergießt. Bei vielen Vulkanen sind die Ausbrüche aus dem Krater überaus selten; sie geschehen meist, wie am Aetna im sechzehnten Jahrhundert der berühmte Geschichtschreiber Bembo[144] schon als Jüngling bemerkte, auf Seitenspalten, da wo die Wände des gehobenen Berges durch ihre Gestaltung und Lage am wenigsten Widerstand leisten. Auf diesen Spalten steigen bisweilen *Auswurfskegel* aus: große, die man fälschlich durch den Namen *neuer Vulkane* bezeichnet und die aneinander gereihet die Richtung einer bald wieder geschlossenen Spalte bezeichnen; kleine, in Gruppen zusammengedrängt, eine ganze Bodenstrecke bedeckend, glocken- und bienenkorbartig. Zu den letzteren gehören die hornitos de Jorullo, und die Kegel des Vesuvausbruchs im Oktober 1822, des Vulkans von Awatschа nach Postels und des Lavenfeldes bei den Baidarenbergen nach Erman, auf der Halbinsel Kamtschatka.

Stehen die Vulkane nicht frei und isoliert in einer Ebene, sind sie, wie in der Doppelkette der Andes von Quito, von einem neun- bis zwölftausend Fuß (2924 bis 3400 m) hohen *Taffelande* umgeben, so kann dieser Umstand wohl dazu beitragen, daß sie bei den furchtbarsten Ausbrüchen feuriger Schlacken, unter Detonationen, die über hundert Meilen weit vernommen werden, *keine Lavaströme* erzeugen.[145] So die Vulkane von Popayan, der Hochebene von los Pastos, und der Andes von Quito, vielleicht unter den letzten den einzigen Vulkan von Antisana ausgenommen.

Die Höhe des *Aschenkegels* und die Größe und Form

des Kraters sind Elemente der Gestaltung, welche vorzugsweise den Vulkanen einen individuellen Charakter geben; aber beide, Aschenkegel und Krater, sind von der Dimension des ganzen Berges völlig unabhängig. Der Vesuv ist mehr als dreimal niedriger als der Pik von Tenerifa: und sein Aschenkegel erhebt sich doch zu $^1/_3$ der ganzen Höhe des Berges, während der Aschenkegel des Piks nur $^1/_{22}$ derselben beträgt. Bei einem viel höheren Vulkan als dem von Tenerifa, bei dem Rucu-Pichincha, tritt dagegen ein Verhältnis ein, das wiederum dem des Vesuvs näher kommt. Unter allen Vulkanen, die ich in beiden Hemisphären gesehen, ist die Kegelform des Cotopaxi die schönste und regelmäßigste. Ein plötzliches Schmelzen des Schnees an seinem Aschenkegel verkündigt die Nähe des Ausbruchs. Ehe noch Rauch sichtbar wird in den dünnen Luftschichten, die den Gipfel und die Krateröffnung umgeben, sind bisweilen die Wände des Aschenkegels von innen durchglüht, und der ganze Berg bietet dann den grausenvollsten, unheilverkündigenden Anblick der Schwärze dar.

Der Krater, welcher, sehr seltene Fälle ausgenommen, stets den Gipfel der Vulkane einnimmt, bildet ein tiefes, oft zugängliches Kesselthal, dessen Boden beständigen Veränderungen unterworfen ist. Die größere oder geringere Tiefe des Kraters ist bei vielen Vulkanen ebenfalls ein Zeichen des nahen oder fernen Bevorstehens einer Eruption. Es öffnen und schließen sich wechselsweise in dem Kesselthale langgedehnte dampfausströmende Spalten oder kleine rundliche Feuerschlünde, die mit geschmolzenen Massen gefüllt sind. Der Boden steigt und sinkt; in ihm entstehen Schlackenhügel und Auswurfskegel, die sich bisweilen hoch über die Ränder des Kraters erheben, den Vulkanen ganze Jahre lang eine eigentümliche Physiognomie verleihen, aber urplötzlich während einer neuen Eruption zusammenstürzen und verschwinden. Die Oeffnungen dieser Auswurfskegel, die aus dem Kraterboden aufsteigen, dürfen nicht, wie nur zu oft geschieht, mit dem Krater selbst, der sie einschließt, verwechselt werden. Ist dieser unzugänglich durch ungeheure Tiefe und durch senkrechten Absturz der Ränder nach innen, wie auf dem Vulkan Rucu-Pichincha (14946 Fuß = 4855 m), so blickt man von jenen Rändern auf die Gipfel der Berge hinab, die aus dem teilweise mit Schwefeldampf gefüllten Kesselthale emporragen. Einen wunderbareren und großartigeren Naturanblick habe ich nie genossen. In der Zwischenzeit zweier Eruptionen bietet ein Krater ent-

weder gar kein leuchtendes Phänomen, sondern bloß offene Spalten und aufsteigende Wasserdämpfe dar, oder man findet auf seinem kaum erhitzten Boden Schlackenhügel, denen man sich gefahrlos nähern kann. Sie ergötzen gefahrlos den wandernden Geognosten durch das Auswerfen feurig-glühender Massen, die auf den Rand des Schlackenkegels herabfallen und deren Erscheinen kleine, ganz lokale Erdstöße regelmäßig vorher verkündigen. Lava ergießt sich bisweilen aus offenen Spalten und kleinen Schlünden in den Krater selbst, ohne den Kranz zu durchbrechen und überzufließen. Geschieht aber ein solcher Durchbruch, so fließt die neueröffnete Erdquelle meist dergestalt ruhig und auf so bestimmten Wegen, daß das große Kesselthal, welches man Krater nennt, selbst in dieser Eruptionsepoche besucht werden kann. Ohne eine genaue Darstellung von der Gestaltung, gleichsam dem Normalbau der feuerspeienden Berge können Erscheinungen nicht richtig aufgefaßt werden, die durch phantastische Beschreibungen und durch die Vieldeutigkeit oder vielmehr durch den so unbestimmten Sprachgebrauch der Wörter Krater, Ausbruchkegel und Vulkane lange verunstaltet worden sind. Die Ränder des Kraters zeigen sich teilweise weit weniger veränderlich, als man es vermuten sollte. Saussures Messungen, mit den meinigen verglichen, haben z. B. am Vesuv das merkwürdige Resultat gegeben, daß in 49 Jahren (1773 bis 1822) der nordwestliche Rand des Vulkans (Rocca del Palo) in seiner Höhe über der Meeresfläche in den Grenzen der Genauigkeit unserer Messungen als fast unverändert betrachtet werden darf.

Vulkane, welche, wie die der Andeskette, ihren Gipfel hoch über die Grenze des ewigen Schnees erheben, bieten eigentümliche Erscheinungen dar. Die Schneemassen erregen nicht bloß durch plötzliches Schmelzen während der Eruption furchtbare Ueberschwemmungen, Wasserströme, in denen dampfende Schlacken auf dicken Eismassen schwimmen; sie wirken auch ununterbrochen, während der Vulkan in vollkommener Ruhe ist, durch Infiltration in die Spalten des Trachytgesteins. Höhlungen, welche sich an dem Abhange oder am Fuß der Feuerberge befinden, werden so allmählich in unterirdische Wasserbehälter verwandelt, die mit den Alpenbächen des Hochlandes von Quito durch enge Oeffnungen vielfach kommunizieren. Die Fische dieser Alpenbäche vermehren sich vorzugsweise im Dunkel der Höhlen; und wenn dann Erdstöße, die allen Eruptionen der Andeskette vorhergehen, die ganze Masse

des Vulkans mächtig erschüttern, so öffnen sich auf einmal die unterirdischen Gewölbe, und es entstürzen ihnen gleichzeitig Wasser, Fische und tuffartiger Schlamm. Dies ist die sonderbare Erscheinung, welche der kleine Wels der Cyklopen, die Preñadilla der Bewohner der Hochebene von Quito, gewährt. Als in der Nacht vom 19. zum 20. Juni 1698 der Gipfel des 18000 Fuß (5847 m) hohen Berges Carguairazo zusammenstürzte, so daß vom Kraterrande nur zwei ungeheure Felshörner stehen blieben, da bedeckten flüssiger Tuff und Unfruchtbarkeit verbreitender Lettenschlamm (lodazales), tote Fische einhüllend, auf fast zwei Quadratmeilen (110 qkm) die Felder umher. Ebenso wurden, sieben Jahre früher, die Faulfieber in der Gebirgsstadt Ibarra, nördlich von Quito, einem Fischauswurfe des Vulkans Imbaburu zugeschrieben.

Wasser und Schlamm, welche in der Andeskette nicht dem Krater selbst, sondern den Höhlen in der Trachytmasse des Berges entströmen, sind demnach im engeren Sinne des Wortes nicht den eigentlichen vulkanischen Phänomenen beizuzählen. Sie stehen nur in mittelbarem Zusammenhange mit der Thätigkeit der Vulkane, fast in demselben Maße wie der sonderbare meteorologische Prozeß, welchen ich in meinen früheren Schriften mit der Benennung *vulkanischer Gewitter* bezeichnet habe. Der heiße Wasserdampf, welcher während der Eruption aus dem Krater aufsteigt und sich in den Luftkreis ergießt, bildet beim Erkalten ein *Gewölk*, von dem die, viele tausend Fuß hohe *Aschen- und Feuersäule* umgeben ist. Eine so plötzliche Kondensation der Dämpfe und, wie Gay-Lussac gezeigt hat, die Entstehung einer Wolke von ungeheurer Oberfläche vermehren die elektrische Spannung. Blitze fahren schlängelnd aus der Aschensäule hervor, und man unterscheidet dann (wie am Ende des Ausbruches des Vesuves in den letzten Tagen des Oktobers 1822) deutlich den rollenden Donner des *vulkanischen Gewitters* von dem Krachen des Inneren des Vulkans. Die aus der vulkanischen Dampfwolke herabfahrenden Blitze haben einst auf Island (am Vulkan Katlagia 17. Oktober 1755), nach Olaffens Bericht, elf Pferde und zwei Menschen getötet.

Nachdem wir so in dem Naturgemälde den Bau und die dynamische Thätigkeit der Vulkane geschildert haben, müssen wir noch einen Blick auf die *stoffartige* Verschiedenheit ihrer Erzeugnisse werfen. Die unterirdischen Kräfte trennen alte Verbindungen der Stoffe, um neue Verbindungen hervorzu-

bringen; sie bewegen zugleich das Umgewandelte fort, solange es, in Wärme aufgelöst, noch verschiebbar ist. Das Erstarren des Zähen oder des Beweglich-Flüssigen unter größerem oder geringerem Drucke scheint hauptsächlich den Unterschied der Bildung *plutonischer* und *vulkanischer* Gebirgsarten zu bestimmen. Eine Gebirgsart, in schmalen Längenzonen einer vulkanischen Mündung (einem Erdequell) entflossen, heißt *Lava*. Wo mehrere Lavaströme sich begegnen und in ihrem Laufe aufgehalten werden, dehnen sie sich in der Breite aus und füllen große Becken, in welchen sie zu aufeinander gelagerten Schichten erstarren. Diese wenigen Sätze enthalten das Allgemeine der produktiven Thätigkeit der Vulkane.

Gebirgsarten, welche die Vulkane bloß durchbrechen, bleiben oft in den Feuerprodukten eingeschlossen. So habe ich feldspatreiche Syenitmassen in den schwarzen Augitlaven des mexikanischen Vulkans von Jorullo, als eckige Stücke eingewachsen, gefunden; die Massen von Dolomit und körnigem Kalkstein aber, welche prachtvolle Drusen kristallisierter Fossilien (Vesuviane und Granaten, von Mejonit, Nephelin und Sodalit bedeckt) enthalten, sind nicht *Auswürflinge des Vesuvs*: „sie gehören vielmehr einer sehr allgemein verbreiteten Formation, Tuffschichten an, welche älter als die Erhebung der Somma und des Vesuvs, wahrscheinlich Erzeugnisse einer submarinischen, tief im Inneren verborgenen, vulkanischen Wirkung sind.“ Unter den Produkten der jetzigen Vulkane finden sich fünf Metalle: Eisen, Kupfer, Blei, Arsenik, und das von Stromeyer im Krater von Volcano entdeckte Selen. Durch dampfende Fumarolen sublimieren sich Chloreisen, Chlorkupfer, Chlorblei und Chlorammonium; Eisenglanz und Kochsalz (das letzte oft in großer Menge) erscheinen als Gangtrümmer in frischgeflossenen Lavaströmen oder auf neuen Spalten der Kraterränder.

Die mineralische Zusammensetzung der Laven ist verschieden nach der Natur des kristallinischen Gesteins, aus welchem der Vulkan besteht, nach der Höhe des Punktes, wo der Ausbruch geschieht (ob am Fuß des Berges oder in der Nähe des Kraters), nach dem Temperaturzustande des Inneren. Glasartige vulkanische Bildungen, Obsidian, Perlstein oder Bimsstein fehlen einigen Vulkanen ganz, wenn dieselben bei anderen nur aus dem Krater selbst oder wenigstens aus beträchtlichen Höhen entspringen. Diese wichtigen und verwickelten Verhältnisse können allein durch sehr genaue kristallographische

und chemische Untersuchungen ergründet werden. Mein sibirischer Reisebegleiter Gustav Rose, wie später Hermann Abich haben mit vielem Glück und Scharfsinn angefangen, über das dichte Gewebe so verschiedenartiger vulkanischer Felsarten ein helles Licht zu verbreiten.

Von den aufsteigenden Dämpfen ist der größere Teil reiner Wasserdampf. Kondensiert wird derselbe als Quelle z. B. auf der Insel Pantellaria von Ziegenhirten benutzt. Was man am Morgen des 26. Oktober 1822 aus dem Krater des Vesuvs durch eine Seitenspalte sich ergießen sah und lange für siedendes Wasser hielt, war nach Monticellis genauer Untersuchung trockene Asche, die wie Triebsand herabschoß, eine durch Reibung zu Staub zerfallene Lava. Das Erscheinen der Asche aber, welche stunden-, ja tagelang die Luft verfinstert und durch ihren Fall, den Blättern anklebend, den Weingärten und Oelbäumen so verderblich wird, bezeichnet durch ihr säulenförmiges Emporsteigen, von Dämpfen getragen, jedes Ende einer großen Eruption. Das ist die prachtvolle Erscheinung, die am Vesuv schon der jüngere Plinius in dem berühmten Briefe an Cornelius Tacitus mit der Gestalt einer hochgezweigten, aber schattigen Pinie verglichen hat. Was man bei Schlackenausbrüchen als Flammen beschreibt, ist, wie der Lichtglanz der roten Glutwolken, die über dem Krater schweben, gewiß nicht brennendem Wasserstoffgas zuzuschreiben. Es sind vielmehr Lichtreflexe, die von den hochgeschleuderten geschmolzenen Massen ausgehen, teils auch Lichtreflexe aus der Tiefe, welche die aufsteigenden Dämpfe erleuchten. Was aber die Flammen sein mögen, die man bisweilen während der Thätigkeit von Küstenvulkanen oder kurz vor der Hebung eines vulkanischen Eilandes seit Strabos Zeiten aus dem tiefen Meere hat aufsteigen gesehen, entscheiden wir nicht.

Wenn die Frage aufgeworfen wird, was in den Vulkanen brenne, was die Wärme errege, welche Erden und Metalle schmelzend mischt, ja Lavaströmen von großer Dicke mehrere Jahre lang eine erhöhte Temperatur gibt; so liegt einer solchen Frage das Vorurteil zum Grunde, Vulkane müßten notwendig, wie die Erdbrände der Steinkohlenflöze, an das Dasein gewisser feuernährender Stoffe gebunden sein. Nach den verschiedenen Phasen chemischer Ansichten wurden so bald Erdpech, bald Schwefelkies oder der feuchte Kontakt von fein zerteiltem Schwefel und Eisen, bald pyrophorartige Substanzen, bald die Metalle der Alkalien und Erden als die Ursache der

vulkanischen Erscheinungen in ihrer intensiven Thätigkeit bezeichnet. Der große Chemiker, welchem wir die Kenntnis der brennbarsten metallischen Substanzen verdanken, Sir Humphry Davy, hat in seinem letzten, ein wehmütiges Gefühl erregenden Werke (Consolation in travel and last days of a Philosopher) seiner kühnen chemischen Hypothese selbst entsagt. Die große mittlere Dichtigkeit des Erdkörpers (5,44) verglichen mit dem spezifischen Gewichte des Kalium (0,865) und Natrium (0,972) oder der Erdmetalle (1,2), der Mangel von Wasserstoffgas in den luftförmigen Emanationen der Kraterspalten und der nicht erkalteten Lavaströme, viele chemische Betrachtungen endlich stehen im Widerspruch mit den früheren Vermutungen von Davy und Ampere. Entwickelte sich Hydrogen bei dem Ausbruch von Lava, wie groß müßte nicht dessen Masse sein, wenn bei einer sehr niedrigen Lage des Eruptionspunktes die ausfließende Lava, wie in dem denkwürdigen von Mackenzie und Soemund Magnussen beschriebenen Ausbruch am Fuß des Skaptar-Jökul auf Island (11. Juni bis 3. August 1783), viele Quadratmeilen Landes bedeckt, und angedämmt mehrere hundert Fuß Dicke erreicht! Eben solche Schwierigkeiten zeigen sich bei der geringen Menge ausströmenden Stickgases, wenn man das Eindringen der atmosphärischen Luft in den Krater oder, wie man bildlich sich ausdrückt, ein Einatmen des Erdkörpers annimmt. Eine so allgemeine, so tief wirkende, sich im Inneren so weit fortpflanzende Thätigkeit als die der Vulkane kann wohl nicht ihren Urquell in der chemischen Verwandtschaft, in dem Kontakt einzelner, nur örtlich verbreiteter Stoffe haben. Die neuere Geognosie sucht diesen Urquell lieber in der unter jeglichem Breitegrade mit der Tiefe zunehmenden Temperatur; in der mächtigen inneren Wärme, welche der Planet seinem ersten Erstarren, seiner Bildung im Weltraume, der kugelförmigen Zusammenziehung dunstförmiger, elliptisch kreisender Stoffe verdankt. Neben dem sicheren Wissen steht das Vermuten und Meinen. Eine philosophische Naturkunde strebt sich über das enge Bedürfnis einer bloßen Naturbeschreibung zu erheben. Sie besteht, wie wir mehrmals erinnert haben, nicht in der sterilen Anhäufung isolierter Thatsachen. Dem neugierig regsamen Geiste des Menschen muß es erlaubt sein, aus der Gegenwart in die Vorzeit hinüberzuschweifen, zu ahnen, was noch nicht klar erkannt werden kann, und sich an den alten, unter so vielerlei Formen immer wiederkehrenden

Mythen der Geognosie zu ergötzen. Wenn wir Vulkane als unregelmäßig intermittierende Quellen betrachten, die ein flüssiges Gemenge von oxydierten Metallen, Alkalien und Erden ausstoßen, sanft und still fließen, wo dies Gemenge, durch den mächtigen Druck der Dämpfe gehoben, irgendwo einen Ausgang findet, so erinnern wir uns unwillkürlich an Platons geognostische Phantasieen, nach denen die heißen Quellen, wie alle vulkanischen Feuerströme, Ausflüsse des Pyriphlegethon[146], einer im Inneren des Erdkörpers allgegenwärtigen Ursache, sind.

Die Art der Verteilung der Vulkane auf der Erdfläche, unabhängig von allen klimatischen Verschiedenheiten, ist sehr scharfsinnig und charakteristisch auf zwei Klassen zurückgeführt worden: auf Central- und Reihenvulkane, „je nachdem dieselben den Mittelpunkt vieler, fast gleichmäßig nach allen Seiten hin wirkender Ausbrüche bilden, oder in einer Richtung, wenig voneinander entfernt, liegen, gleichsam als Essen auf einer langgedehnten Spalte. Die Reihenvulkane sind wiederum zweierlei Art. Entweder erheben sie sich als einzelne Kegelinseln von dem Grunde des Meeres, und es läuft ihnen meist zur Seite, in derselben Richtung, ein primitives Gebirge, dessen Fuß sie zu bezeichnen scheinen, oder die Reihenvulkane stehen auf dem höchsten Rücken dieser Gebirgsreihe und bilden die Gipfel selbst.“[147] Der Pik von Teneriffa z. B. ist ein Centralvulkan, der Mittelpunkt der vulkanischen Gruppe, von welchem die Ausbrüche von Palma und Lancerote herzuleiten sind. Die lange, mauerartig fortlaufende, bald einfache, bald in zwei und drei parallele Ketten geteilte und dann durch schmale Querjöcher gegliederte Andeskette bietet vom südlichen Chile bis zur Nordwestküste von Amerika die großartigste Erscheinung des Auftretens von Reihenvulkanen in einem Festlande dar. In der Andeskette verkündigt sich die Nähe thätiger Vulkane durch das plötzliche Auftreten gewisser Gebirgsarten (Dolerit, Melaphyr, Trachyt, Andesit, Dioritporphyr), welche die sogenannten uranfänglichen, wie die schieferigen und sandsteinartigen Uebergangsschichten und die Flözformationen trennen. Ein solches immer wiederkehrendes Phänomen hatte früh in mir die Ueberzeugung angeregt, daß jene sporadischen Gebirgsarten der Sitz vulkanischer Erscheinungen wären und daß sie die vulkanischen Ausbrüche bedingten. Am Fuß des mächtigen Tunguragua, bei Penipe (an den Ufern des Rio Puela), sah ich zum erstenmal und

deutlich einen Glimmerschiefer, der auf Granit ruht, vom vulkanischen Gestein durchbrochen.

Auch die Reihenvulkane des neuen Kontinents sind teilweise, wo sie nahe liegen, in gegenseitiger Abhängigkeit voneinander; ja man sieht seit Jahrhunderten sich die vulkanische Thätigkeit in gewissen Richtungen (in der Provinz Quito von Norden nach Süden) allmählich fortbewegen. Der Herd selbst liegt unter dem ganzen Hochlande dieser Provinz; die einzelnen Verbindungsöffnungen mit der Atmosphäre sind die Berge, welche wir, mit besonderen Namen, als Vulkane von Pichincha, Cotopaxi oder Tunguragua bezeichnen, und die durch ihre Gruppierung, wie durch Höhe und Gestaltung den erhabensten und malerischten Anblick darbieten, der irgendwo in einer vulkanischen Landschaft auf einem schmalen Raume zu finden ist. Da die äußersten Glieder solcher Gruppen von Reihenvulkanen durch unterirdische Kommunikationen miteinander verbunden sind, wie vielfache Erfahrungen lehren, so erinnert diese Thatsache an Senecas alten und wahren Ausspruch,[148] daß „der Feuerberg nur der Weg der tiefer liegenden vulkanischen Kräfte sei". Auch im mexikanischen Hochlande scheinen die Vulkane (Orizaba, Popocatepetl, Jorullo, Colima), von denen ich nachgewiesen, daß sie alle in einer Richtung zwischen 18° 59′ und 19° 12′ nördl. Breite liegen, eine Querspalte von Meer zu Meer und eine Abhängigkeit voneinander anzudeuten. Der Vulkan von Jorullo ist den 29. September 1729 genau in dieser Richtung, auf derselben Querspalte ausgebrochen, und zu einer Höhe von 1580 Fuß (513 m) über der umherliegenden Ebene emporgestiegen. Der Berg gab nur einmal einen Erguß von Lava, genau wie der Epomeo auf Ischia im Jahre 1302.

Wenn aber auch der Jorullo, von jedem thätigen Vulkan zwanzig Meilen (148 km) entfernt, im eigentlichsten Sinne des Wortes ein neuer Berg ist, so darf man ihn doch nicht mit der Erscheinung des Monte Nuovo (19. September 1538) bei Pozzuoli verwechseln, welcher den Erhebungskratern beigezählt wird. Naturgemäßer glaube ich schon ehemals den Ausbruch des neu entstandenen mexikanischen Vulkans mit der vulkanischen Hebung des Hügels von Methone (jetzt Methana) auf der trözenischen Halbinsel verglichen zu haben. Diese, von Strabo und Pausanias beschriebene Hebung hat einen der phantasiereichsten römischen Dichter veranlaßt, Ansichten zu entwickeln, welche mit denen der neueren Geognosie

auf eine merkwürdige Art übereinstimmen. „Einen Tumulus sieht man bei Trözene, schroff und baumlos, einst eine Ebene, jetzt einen Berg. Die in finsteren Höhlen eingeschlossenen Dämpfe suchen vergebens eine Spalte als Ausweg. Da schwillt durch der eingezwängten Dämpfe Kraft der sich dehnende Boden wie eine luftgefüllte Blase empor; er schwillt wie das Fell eines zweigehörnten Bockes. Die Erhebung ist dem Orte geblieben, und der hoch emporragende Hügel hat sich im Laufe der Zeit zu einer nackten Felsmasse erhärtet." So malerisch und, wie analoge Erscheinungen uns zu glauben berechtigen, zugleich auch so wahr schildert Ovidius die große Naturbegebenheit, die sich zwischen Trözene und Epidaurus, da, wo Roßegger noch Trachytdurchbrüche gefunden, 282 Jahre vor unserer Zeitrechnung, also 45 Jahre vor der vulkanischen Trennung von Thera (Santorin) und Therasia, ereignete.[149]

Unter den Eruptionsinseln, welche den Reihenvulkanen zugehören, ist Santorin die wichtigste. „Sie vereinigt in sich die ganze Geschichte der Erhebungsinseln. Seit vollen 2000 Jahren, so weit Geschichte und Tradition reicht, haben die Versuche[150] der Natur nicht aufgehört, in der Mitte des Erhebungskraters einen Vulkan zu bilden." Aehnliche insulare Hebungen, und dazu noch fast in regelmäßiger Wiederkehr von 80 oder 90 Jahren,[151] offenbaren sich bei der Insel San Miguel in der Gruppe der Azoren; doch ist der Meeresgrund hier nicht ganz an denselben Punkten gehoben worden. Die von Kapitän Tillard benannte Insel Sabrina ist leider zu einer Zeit erschienen (30. Januar 1811), wo der politische Zustand der seefahrenden Völker im Westen von Europa wissenschaftlichen Instituten nicht erlaubt hat, diesem großen Ereignis die Aufmerksamkeit zu schenken, welche später, in dem Meere von Sizilien (2. Juli 1831), der neuen und bald wieder zertrümmerten Feuerinsel Ferdinandea, zwischen der Kalksteinküste von Sciacca und der rein vulkanischen Pantellaria, zu teil wurde.

Die geographische Verteilung der Vulkane, welche in historischen Zeiten thätig geblieben sind, hat bei der großen Zahl von Insel- und Küstenvulkanen, wie bei den noch immer sich von Zeit zu Zeit, wenn auch nur emphemer, darbietenden Ausbrüchen im Meeresgrunde, früh den Glauben erzeugt, als stehe die vulkanische Thätigkeit in Verbindung mit der Nähe des Meeres, als könne sie ohne dieselbe nicht fortdauern. „Viele Jahrhunderte schon," sagt Justinus,[152]

oder vielmehr Trogus Pompejus, dem er nachschreibt, „brennen der Aetna und die äolischen Inseln; und wie wäre diese lange Dauer möglich, wenn nicht das nahe Meer dem Feuer Nahrung gäbe?“ Um die Notwendigkeit der Meeresnähe zu erklären, hat man selbst in den neueren Zeiten die Hypothese des Eindringens des Meerwassers in den Herd der Vulkane, d. h. in tiefliegende Erdschichten, aufgestellt. Wenn ich alles zusammenfasse, was ich der eigenen Anschauung oder fleißig gesammelten Thatsachen entnehmen kann, so scheint mir in dieser verwickelten Untersuchung alles auf den Fragen zu beruhen: ob die unleugbar große Masse von Wasserdämpfen, welche die Vulkane, selbst im Zustande der Ruhe, aushauchen, dem mit Salzen geschwängerten Meerwasser oder nicht vielmehr den sogenannten *süßen Meteorwassern* ihren Ursprung verdanken; ob bei verschiedener Tiefe des vulkanischen Herdes (z. B. bei einer Tiefe von 88000 Fuß (28585 m), wo die Expansivkraft des Wasserdampfes an 2800 Atmosphären beträgt) die Expansivkraft der erzeugten Dämpfe dem hydrostatischen Drucke des Meeres das Gleichgewicht halten und den freien Zutritt des Meeres zu dem Herde unter gewissen Bedingungen[153] gestatten könne; ob die vielen metallischen Chlorüren, ja die Entstehung des Kochsalzes in den Kraterspalten, ob die oftmalige Beimischung von Hydrochlorsäure in den Wasserdämpfen *notwendig* auf jenen Zutritt des Meerwassers schließen lassen; ob die Ruhe der Vulkane (die temporäre oder die endliche und völlige Ruhe) von der Verstopfung der Kanäle abhange, welche vorher die Meer- oder Meteorwasser zuführten, oder ob nicht vielmehr der Mangel von Flammen und von ausgehauchtem Hydrogen (das geschwefelte Wasserstoffgas ist mehr den Solfataren als den thätigen Vulkanen eigen) mit der Annahme großer Massen *zersetzten Wassers* in offenbarem Widerspruch stehe?

Die Erörterung so wichtiger physikalischer Fragen gehört nicht in den Entwurf eines *Naturgemäldes*. Wir verweilen hier bei der Angabe der Erscheinungen, bei dem Thatsächlichen in der geographischen Verteilung der noch entzündeten Vulkane. Diese lehrt, daß in der Neuen Welt drei derselben, der Jorullo, der Popocatepetl und der Volcan de la Fragua, 20, 33 und 39 geographische Meilen (148, 244, 290 km) von der Meeresküste entfernt sind; ja daß in Centralasien, worauf Abel-Rémusat die Geognosten zuerst aufmerksam gemacht hat, eine große vulkanische Gebirgskette, der Tian-schan

(Himmelsgebirge)[154], mit dem lavaspeienden Pe-schan, der Solfatare von Urumtsi und dem noch brennenden Feuerberge (Ho-tschen) von Turfan, fast in gleicher Entfernung (370 bis 382 Meilen = 2745 bis 2830 km) von dem Litorale des Eismeeres und dem des Indischen Ozeans liege. Der Abstand des Pe-schan vom Kaspischen Meere ist auch noch volle 340 Meilen (2520 km); von den großen Seen Issikul und Balkasch ist er 43 und 52 Meilen (311 und 385 km).[155] Merkwürdig scheint dabei, daß sich von den vier großen Gebirgsketten, dem Altai, dem Tian-schan, dem Kuen-lün und dem Himalaya, welche den asiatischen Kontinent von Osten nach Westen durchstreichen, nicht die einem Ozean nähere Gebirgskette (der Himalaya), sondern die zwei inneren (der Tian-schan und Kuen-lün), in 400 und 180 Meilen (2970 und 1335 km) Entfernung vom Meere, feuerspeiend, wie der Aetna und Vesuv, Ammoniak erzeugend, wie die Vulkane von Guatemala gezeigt haben. Die chinesischen Schriftsteller beschreiben auf das unverkennbarste in den Rauch- und Flammenausbrüchen des Pe-schan, welche im ersten und siebenten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung die Umgegend verheerten, 10 Li lange Lavaströme. „Brennende Steinmässen," sagen sie, „flossen dünn wie geschmolzenes Fett." Die hier zusammengedrängten, bisher nicht genug beachteten Thatsachen machen es wahrscheinlich, daß Meeresnähe und das Eindringen von Meerwasser in den Herd der Vulkane nicht unbedingt notwendig zum Ausbrechen des unterirdischen Feuers sei; und daß das Litorale dieses Ausbrechen wohl nur deshalb befördere, weil es den Rand des tiefen Meerbeckens bildet, welches, von Wasserschichten bedeckt, einen geringeren Widerstand leistet und viele tausend Fuß tiefer liegt als das innere und höhere Festland.

Die jetzt thätigen, durch permanente Krater gleichzeitig mit dem Inneren des Erdkörpers und mit dem Luftkreise kommunizierenden Vulkane haben sich zu einer so späten Epoche eröffnet, daß damals die obersten Kreideschichten und alle Tertiärgebilde schon vorhanden waren. Dies bezeugen die Trachyteruptionen, auch die Basalte, welche oft die Wände der Erhebungskrater bilden. Melaphyre reichen bis in die mittleren Tertiärschichten, fangen aber schon an, sich zu zeigen unter der Juraformation, indem sie den bunten Sandstein durchbrechen. Mit den jetzt durch Krater thätigen Vulkanen sind die früheren Ergießungen von Granit, Quarzporphyr

und Euphotide auf offenen, sich bald wieder schließenden Spalten (Gängen) im alten Uebergangsgebirge nicht zu verwechseln.

Das Erlöschen der vulkanischen Thätigkeit ist entweder ein nur partielles, so daß in derselben Gebirgskette das unterirdische Feuer einen anderen Ausweg sucht; oder ein totales, wie in der Auvergne; spätere Beispiele liefern, in ganz historischer Zeit, der Vulkan Mosychlos[156] auf der dem Hephästos geweihten Insel, dessen „emporwirbelnde Flammenglut" noch Sophokles kannte, und der Vulkan von Medina, welcher nach Burckhardt noch am 2. November 1276 einen Lavastrom ausstieß. Jedes Stadium der vulkanischen Thätigkeit, von ihrer ersten Regung bis zu ihrem Erlöschen, ist durch eigene Produkte charakterisiert: zuerst durch feurige Schlacken, durch Trachyt-, Pyroxen- und Obsidianlaven in Strömen, durch Rapilli und Tuffasche unter Entwickelung vieler, meist reiner Wasserdämpfe; später, als Solfatare, durch Wasserdämpfe, gemischt mit Schwefelwasserstoffgas und mit Kohlensäure; endlich bei völligem Erkalten durch kohlensaure Exhalationen allein. Ob die wunderbare Klasse von Feuerbergen, die keine Lava, sondern nur furchtbar verheerende heiße Wasserströme,[157] angeschwängert mit brennendem Schwefel und zu Pulver zerfallenem Gestein, ausstoßen (z. B. der Galunggung auf Java), einen Normalzustand oder nur eine gewisse vorübergehende Modifikation des vulkanischen Prozesses offenbaren, bleibt so lange unentschieden, als sie nicht von Geognosten besucht werden, welche zugleich mit den Kenntnissen der neueren Chemie ausgerüstet sind.

Dies ist die allgemeinste Schilderung der Vulkane, eines so wichtigen Teils des Erdenlebens, welche ich hier zu entwerfen versucht habe. Sie gründet sich teilweise auf meine eigenen Beobachtungen, in der Allgemeinheit ihrer Umrisse aber auf die Arbeiten meines vieljährigen Freundes, Leopold von Buch, des größten Geognosten unseres Zeitalters, welcher zuerst den inneren Zusammenhang der vulkanischen Erscheinungen und ihre gegenseitige Abhängigkeit voneinander nach ihren Wirkungen und räumlichen Verhältnissen erkannt hat.

Die Vulkanizität, d. h. die Reaktion des Inneren eines Planeten auf seine äußere Rinde und Oberfläche, ist lange Zeit nur als ein isoliertes Phänomen, in der zerstörenden Wirkung ihrer finsteren unterirdischen Gewalten betrachtet worden; erst in der neuesten Zeit hat man angefangen, zum

größten Vorteil einer auf physikalische Analogieen gegründeten Geognosie, die vulkanischen Kräfte als neue Gebirgsarten bildend oder als ältere Gebirgsarten umwandelnd zu betrachten. Hier ist der schon früher angedeutete Punkt, wo eine tiefer ergründete Lehre von der Thätigkeit brennender oder Dämpfe ausströmender Vulkane uns in dem allgemeinen Naturgemälde auf Doppelwegen: einmal zu dem mineralogischen Teile der Geognosie (Lehre vom Gewebe und von der Folge der Erdschichten), dann zu der Gestaltung der über dem Meeresspiegel gehobenen Kontinente und Inselgruppen (Lehre von der geographischen Form und den Umrissen der Erdteile) leitet. Die erweiterte Einsicht in eine solche Verkettung von Erscheinungen ist eine Folge der philosophischen Richtung, welche die ernsten Studien der Geognosie so allgemein genommen haben. Größere Ausbildung der Wissenschaften leitet, wie die politische Ausbildung des Menschengeschlechts, zur Einigung dessen, was lange getrennt blieb.

Wenn wir die Gebirgsarten nicht nach Unterschieden der Gestaltung und Reihung in geschichtete und ungeschichtete, schiefrige und massige, normale und abnorme einteilen, sondern den Erscheinungen der Bildung und Umwandlung nachspüren, welche noch jetzt unter unseren Augen vorgehen, so finden wir einen vierfachen [158] Entstehungsprozeß der Gebirgsarten: 1) Eruptionsgestein aus dem Inneren der Erde, vulkanisch-geschmolzen, oder in weichem, mehr oder minder zähem Zustande plutonisch ausgebrochen; 2) Sedimentgestein, aus einer Flüssigkeit, in der die kleinsten Teile aufgelöst waren oder schwebten, an der Oberfläche der Erdrinde niedergeschlagen und abgesetzt (der größere Teil der Flöz- und Tertiärgruppe); 3) umgewandeltes (metamorphosiertes) Gestein, verändert in seinem inneren Gewebe und seiner Schichtenlage entweder durch Kontakt und Nähe eines plutonischen oder vulkanischen (endogenen [159]) Ausbruchsgesteins; oder, was wohl häufiger der Fall ist, verändert durch dampfartige Sublimation von Stoffen, [160] welche das heißflüssige Hervortreten gewisser Eruptionsmassen begleitet; 4) Konglomerate, grob- oder feinkörnige Sandsteine, Trümmergesteine, aus mechanisch zerteilten Massen der drei vorigen Gattungen zusammengesetzt.

Die vierfachen Gesteinbildungen, welche noch gegenwärtig fortschreiten: durch Erguß vulkanischer Massen als schmaler Lavaströme, durch Einwirkung dieser Massen auf früher er-

härtete Gesteine, durch mechanische Abscheidung oder chemische Niederschläge aus den mit Kohlensäure geschwängerten tropfbaren Flüssigkeiten, endlich durch Verkittung zertrümmerter, oft ganz ungleichartiger Felsarten, sind Erscheinungen und Bildungsprozesse, die gleichsam nur als ein schwacher Abglanz von dem zu betrachten sein möchten, was bei intensiverer Thätigkeit des Erdenlebens in dem chaotischen Zustande der Urwelt, unter ganz anderen Bedingungen des Druckes und einer erhöhten Temperatur, sowohl der ganzen Erdrinde als des mit Dämpfen überfüllten und weit ausgedehnteren Luftkreises, geschehen ist. Wenn jetzt, wo in der festeren Erdrinde vormals offene, mächtige Spalten durch gehobene, gleichsam herausgeschobene Gebirgsketten oder durch gangartig sich eindrängende Eruptionsgesteine (Granit, Porphyr, Basalt, Melaphyr) mannigfach erfüllt und verstopft sind, auf Flächenräumen so groß als Europa kaum vier Oeffnungen (Vulkane) übrig geblieben sind, durch welche Feuer- und Gesteinausbrüche geschehen, so waren vormals in der vielgespaltenen, dünneren, auf- und abwärts wogenden Erdrinde fast überall Kommunikationswege zwischen dem geschmolzenen Inneren und der Atmosphäre vorhanden. Gasartige Ausströmungen, aus sehr ungleichen Tiefen emporsteigend und deshalb chemisch verschiedene Stoffe führend, belebten die plutonischen Bildungs- und Umwandlungsprozesse. Auch die Sedimentformationen, Niederschläge aus tropfbaren Flüssigkeiten, die wir als Travertinoschichten bei Rom wie bei Hobarttown in Australien aus kalten und warmen Quell- und Flußwassern sich täglich bilden sehen, geben nur ein schwaches Bild von dem Entstehen der Flözformationen. Unsere Meere, durch Prozesse, die noch nicht allgemein und genau genug untersucht worden sind, bauen allmählich durch Niederschlag, durch Anschwemmung und Verkittung (sizilische Küsten, Insel Ascension, König-Georg-Sund in Australien) kleine Kalksteinbänke auf, deren Härte freilich an einzelnen Punkten fast der des Marmors von Carrara gleichkommt. An den Küsten der antillischen Inseln enthalten diese Bildungen des jetzigen Ozeans Töpfe, Werkzeuge des menschlichen Kunstfleißes, ja (auf Guadeloupe) selbst menschliche Skelette vom Karibenstamme. Die Neger der französischen Kolonieen bezeichnen diese Formation mit dem Ausdruck Gottesmauerwerk: maçonne-bon-Dieu. Eine kleine Oolithen-(Rogenstein-)Schicht, welche trotz ihrer Neuheit an Jurakalkstein erinnert, ist auf der kanarischen Insel Lancerote

für ein Erzeugnis des Meeres und der Seestürme erkannt worden.

Die zusammengesetzten Gebirgsarten sind bestimmte Associationen gewisser oryktognostisch einfacher Fossilien (Feldspate, Glimmer, feste Kieselsäure, Augit, Nephelin). Sehr ähnliche, aus denselben Elementen bestehende, aber anders gruppierte Gebirgsarten werden durch vulkanische Prozesse unter unseren Augen wie in der Vorzeit erzeugt. Die Unabhängigkeit der Gebirgsarten von räumlichen geographischen Verhältnissen ist so groß, daß, wie wir schon oben bemerkt, nördlich und südlich vom Aequator, in den fernesten Zonen, der Geognost über ihr ganz heimisches Ansehen, über die Wiederholung der kleinsten Eigenheiten in der periodischen Reihenfolge silurischer Schichten, in der Wirkung des Kontaktes mit augitischen Eruptionsmassen erstaunt.

Treten wir nun der Ansicht von vier Entstehungsformen der Gebirgsarten (vier Phasen der Bildungszustände) näher, in welchen sich uns die geschichteten und ungeschichteten Teile der Erdrinde zeigen, so nennen wir in dem endogenen oder Eruptionsgestein, dem sogenannten massigen und abnormen der neueren Geognosten, als unmittelbare Erzeugnisse unterirdischer Thätigkeit folgende Hauptgruppen:

Granit und Syenit von sehr verschiedenem relativem Alter; doch häufig der Granit neueren Ursprunges, den Syenit gangartig durchsetzend, dann also die treibende, hebende Kraft. „Wo der Granit inselförmig als große Masse, als sanft gewölbtes Ellipsoid auftritt, sei es am Harz oder in Mysore, oder im unteren Peru, da ist er mit in Blöcke zersprengten Schalen bedeckt. Ein solches Felsenmeer verdankt wahrscheinlich seinen Ursprung einer Zusammenziehung der anfänglich mit großer Ausdehnung aufsteigenden Oberfläche des Granitgewölbes.“ Auch im nördlichen Asien,[161] in der reizenden, romantischen Umgebung des Koliwansees am nordwestlichen Abhange des Altai, wie am Abfall der Küstenkette von Caracas bei las Trincheras habe ich Abteilungen des Granits in Bänken gesehen, die wohl ähnlichen Zusammenziehungen ihren Ursprung verdanken, aber tief in das Innere einzudringen scheinen. Weiter im Süden vom See Koliwan, gegen die Grenze der chinesischen Provinz Ji-hin (zwischen Buchtarminsk und dem Flusse Narym), sind die

Gestaltungen des ganz ohne Gneis auftretenden Eruptionsgesteins auffallender, als ich sie in irgend einem Erdteile gesehen. Der Granit, an der Oberfläche immer schalig und durch tafelförmige Absonderung charakterisiert, steigt in der Steppe bald in kleinen, kaum 6 bis 8 Fuß (2 bis 2,60 m) hohen, halbkugelförmigen Hügeln, bald in basaltähnlichen Kuppen auf, die am Fuße zu zwei entgegengesetzten Seiten wie in schmale mauerförmige Ergießungen ausgehen.[162] In den Katarakten des Orinoko, wie am Fichtelgebirge (Seißen), in Galizien, und zwischen der Südsee und der Hochebene von Mexiko (an dem Papagallo) habe ich den Granit in großen abgeplatteten Kugeln gesehen, die wie Basalt sich in konzentrisch abgesonderte Stücke spalten. Im Irtyschthale zwischen Buchtarminsk und Ust-Kamenogorsk bedeckt der Granit eine Meile (7,4 km) lang den Uebergangsthonschiefer[163] und dringt in denselben von oben in schmalen, vielgeteilten, sich auskeilenden Gängen ein. Ich habe diese Einzelheiten beispielsweise nur deshalb angeführt, um an einer weitverbreiteten Gebirgsart den individuellen Charakter der Eruptionsgesteine zu bezeichnen. So wie der Granit in Sibirien und im Departement du Finistère (Ile de Mihau) den Schiefer, so bedeckt er in den Bergen von Oisons (Fermonts) den Jurakalkstein, in Sachsen bei Weinböhla den Syenit und mittels dieses Gesteins die Kreide. Im Ural bei Mursinsk ist der Granit drusig; und diese Drusen sind, wie bei Spalten und Drusen neuer vulkanischer Erzeugnisse, der plutonische Sitz vieler prachtvollen Kristalle, besonders von Beryllen und Topasen.

Quarzporphyre, den Lagerungsverhältnissen nach oft gangförmiger Natur. Die sogenannte Grundmasse ist meist ein feinkörniges Gemenge derselben Elemente, welche als größere eingewachsene Kristalle auftreten. Im granitartigen Porphyr, der sehr arm an Quarz ist, wird die feldspatartige Grundmasse fast körnig blättrig.

Grünsteine, Diorite, körnige Gemenge von weißem Albit und schwärzlichgrüner Hornblende, zu Dioritporphyren gestaltet, wenn eine Grundmasse von dichterem Gewebe vorhanden ist, in der die Kristalle ausgeschieden liegen. Diese Grünsteine, bald rein, bald durch Diallageblätter, die sie einschließen (Fichtelgebirge), in Serpentin

übergehend, sind bisweilen lagerartig auf den alten Schichtungsklüften des grünen Thonschiefers in diesen eingedrungen; öfters aber durchsetzen sie gangartig das Gestein, oder erscheinen als Grünsteinkugeln, ganz den Basalt- und Porphyrkugeln analog.[164]

Hypersthenfels, ein körniges Gemenge von Labrador und Hypersthen.

Euphotid und Serpentin, statt des Diallags bisweilen Augit- und Uralitkristalle enthaltend und so einem anderen häufigeren, und ich möchte sagen noch thätigeren Eruptionsgestein, dem Augitporphyr, nahe verwandt.

Melaphyr, Augit-, Uralit- und Oligoklasporphyre. Zu letzteren gehört der als Kunstmaterial so berühmte echte Verde antico.

Basalt mit Olivin und in Säuren gelatinierenden Bestandteilen, Phonolith (Porphyrschiefer), Trachyt und Dolerit; das zweite dieser Gesteine immer, das erste nur teilweise in dünne Tafeln gespalten, was beiden auf großen Strecken das Ansehen der Schichtung gibt. In der Zusammensetzung und dem innigen Gewebe des Basalts bilden, nach Girard, Mesotyp und Nephelin einen wichtigen Teil. Der Nephelingehalt des Basaltes mahnt den Geognosten an den, mit Granit verwechselten, bisweilen zirkonhaltigen Miascit des Ilmengebirges im Ural, wie an den von Gumprecht aufgefundenen Pyroxennephelin bei Löbau und Chemnitz.

Zu der zweiten Klasse der Entstehungsformen, dem Sedimentgestein, gehört der größere Teil der Formationen, welche man unter den alten, systematischen, aber nicht gar korrekten Benennungen von Uebergangs-, Flöz- oder Sekundär- und Tertiärformationen begreift. Wenn das Eruptionsgestein nicht seinen hebenden, und bei gleichzeitigem Erbeben der Erde seinen erschütternden Einfluß auf diese Sedimentbildungen ausgeübt hätte, so würde die Oberfläche unseres Planeten aus gleichförmig horizontal übereinander gelagerten Schichten bestehen. Von allen Gebirgsarten entblößt, an deren Abhang im Pflanzenwuchse und in den Abstufungen der Arten sich die Skala verminderter Luftwärme malerisch abspiegelt; nur hier und da durch Erosionsthäler gefurcht, oder durch kleine Anhäufungen von Schuttland, als Wirkung der schwach bewegten süßen Wasser, zu sanften Wellen geebnet, würden die Kontinente von Pol zu Pol,

unter allen Himmelsstrichen, das traurig einförmige Bild der südamerikanischen Llanos oder der nordasiatischen Steppen darbieten. Wie in dem größeren Teile von diesen, würden wir das Himmelsgewölbe auf der Ebene ruhen und die Gestirne aufsteigen sehen, als erhöben sie sich aus dem Schoße des Meeres. Ein solcher Zustand der Dinge kann aber auch in der Vorwelt wohl nie von beträchtlicher Dauer und von räumlicher Allgemeinheit gewesen sein, da die unterirdischen Mächte ihn in allen Naturepochen zu verändern strebten.

Sedimentschichten sind niedergeschlagen oder abgesetzt aus tropfbaren Flüssigkeiten, je nachdem die Stoffe vor der Bildung, sei es des Kalksteins, sei es des Thonschiefers, entweder als chemisch aufgelöst oder als schwebend und beigemengt gedacht werden. Auch wenn Erdarten aus kohlengesäuerten Flüssigkeiten sich niederschlagen, ist doch, während der Präzipitation, ihr Niedersinken und ihre Anhäufung in Schichten als ein mechanischer Hergang der Bildung zu betrachten. Diese Ansicht ist von einiger Wichtigkeit bei der Umhüllung organischer Körper in versteinerungsführenden Kalkflözen. Die ältesten Sedimente der Transitions- und Sekundärformationen haben sich wahrscheinlich aus mehr oder minder heißen Wassern gebildet: zu einer Zeit, wo die Wärme der oberen Erdrinde noch sehr beträchtlich war. In dieser Hinsicht hat gewissermaßen auch bei den Sedimentschichten, besonders bei den ältesten, eine plutonische Einwirkung stattgefunden; aber diese Schichten scheinen schlammartig in schieferiger Struktur und unter großem Drucke erhärtet, nicht wie das dem Inneren entstiegene Gestein (Granit, Porphyr oder Basalt), durch Abkühlung erstarrt zu sein. Als die allmählich minder heißen Urwasser aus der mit Dämpfen und kohlensaurem Gas überschwängerten Atmosphäre das letztere Gas in reichlichem Maße sich aneignen konnten, wurde die Flüssigkeit geeignet, eine größere Masse von Kalkerde aufgelöst zu enthalten.

Die Sedimentschichten, von denen wir hier alle anderen exogenen, rein mechanischen Niederschläge von Sand- oder Trümmergestein trennen, sind:

Schiefer des unteren und oberen Uebergangsgebirges, aus den silurischen und devonischen Formationen zusammengesetzt: von den unteren silurischen Schichten an, die man einst kambrisch nannte, bis zu der obersten, an den Bergkalk grenzenden Schicht des alten roten Sandsteins oder der devonischen Gebilde;

Steinkohlenablagerungen;

Kalksteine, den Uebergangsformationen und dem Kohlengebirge eingeschichtet; Zechstein, Muschelkalk, Juraformation und Kreide, auch der nicht als Sandstein und Agglomerat auftretende Teil der Tertiärgebilde;

Travertino, Süßwasserkalkstein, Kieselguren heißer Quellen; Bildungen, nicht unter dem Druck großer pelagischer Wasserbedeckungen, sondern fast an der Luft in untiefen Sümpfen und Bächen erzeugt;

Infusorienlager: eine geognostische Erscheinung, deren große Bedeutung, den Einfluß der organischen Thätigkeit auf die Bildung der Erdfeste bezeichnend, erst in der neuesten Zeit von meinem geistreichen Freunde und Reisegefährten Ehrenberg entdeckt worden ist.

Wenn wir in dieser kurzen, aber übersichtlichen Betrachtung der mineralischen Bestandteile der Erdrinde auf das einfache Sedimentgestein nicht unmittelbar die, teilweise ebenfalls sedimentartig aus tropfbaren Flüssigkeiten abgesetzten und im Flöz- und Uebergangsgebirge sowohl dem Schiefer als dem Kalkstein mannigfaltig eingelagerten Agglomerate und Sandsteinbildungen folgen lassen, so geschieht es nur, weil diese, neben den Trümmern des Eruptions- und Sedimentgesteins, auch Trümmer von Gneis, Glimmerschiefer und anderen metamorphischen Massen enthalten. Der dunkle Prozeß und die Wirkung dieser Umwandelung (Metamorphose) müssen demnach schon die dritte Klasse der Entstehungsformen bilden.

Das endogene oder Eruptionsgestein (Granit, Porphyr und Melaphyr) wirkt, wie mehrmals bemerkt worden ist, nicht bloß dynamisch, erschütternd oder hebend, die Schichten aufrichtend und seitwärts schiebend; sein Hervortreten bewirkt auch Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der Stoffe wie in der Natur des inneren Gewebes. Es entstehen neue Gebirgsarten: Gneis und Glimmerschiefer, und körniger Kalkstein (Marmor von Carrara und Paros). Die alten silurischen oder devonischen Transitionsschiefer, der Belemnitenkalkstein der Tarantaise, der seetanghaltige graue unscheinbare Macigno (Kreidesandstein) der nördlichen Apenninen sind, nach ihrer Umwandlung, in einem neuen, oft glänzenden Gewande schwer zu erkennen. Der Glaube an die Metamorphose hat sich erst befestigen können, seitdem es geglückt ist, den einzelnen Phasen der Veränderung schrittweise zu folgen, und durch direkte chemische Versuche, bei Verschiedenheit des Schmelzgrades, des

Druckes und der Zeit des Erkaltens, den Induktionsschlüssen zu Hilfe zu kommen. Wo nach leitenden Ideen das Studium chemischer Verbindungen erweitert wird, kann auch aus den engen Räumen unserer Laboratorien sich ein helles Licht über das weite Feld der Geognosie, über die große unterirdische, Gestein bildende und Gestein umwandelnde Werkstätte der Natur verbreiten. Der philosophische Forscher entgeht der Täuschung scheinbarer Analogieen, einer kleinlichen Ansicht der Naturprozesse, wenn er ununterbrochen die Komplikation der Bedingungen im Auge hat, welche mit ihrer intensiven, ungemessenen Kraft in der Urwelt die gegenseitige Wirkung einzelner uns wohlbekannter Stoffe modifizieren konnten. Die unzersetzten Körper haben gewiß zu allen Zeiten denselben Anziehungskräften gehorcht; und da, wo jetzt Widersprüche sich finden, wird (es ist meine innigste Ueberzeugung) die Chemie meist selbst den nicht in gleichem Maße erfüllten Bedingungen auf die Spur kommen, welche jene Widersprüche erzeugten.

Genaue, große Gebirgsstrecken umfassende Beobachtungen erweisen, daß das Eruptionsgestein nicht als eine wilde, gesetzlos wirkende Macht auftritt. In den entferntesten Weltgegenden sieht man oft Granit, Basalt oder das Dioritgestein bis in die einzelnsten Kraftäußerungen gleichmäßig auf die Schichten des Thonschiefers und des dichten Kalkes, auf die Quarzkörner des Sandsteins ihre umwandelnde Wirkung ausüben. Wie dieselbe endogene Gebirgsart fast überall dieselbe Art der Thätigkeit übt, so zeigen dagegen verschiedene Gebirgsarten, derselben Klasse der endogenen oder Eruptionsgebilde zugehörig, einen sehr verschiedenen Charakter. Intensive Wärme hat allerdings in allen diesen Erscheinungen gewirkt; aber die Grade der Flüssigkeit (vollkommenerer Verschiebbarkeit der Teile oder zäheren Zusammenhanges) sind im Granit und im Basalt sehr ungleich gewesen: ja in verschiedenen *geologischen* Epochen (Phasen der Umwandlungen der Erdrinde) sind auch gleichzeitig mit dem Ausbruche von Granit, Basalt, Grünsteinporphyr oder Serpentin andere und andere im Dampf aufgelöste Stoffe aus dem eröffneten Inneren aufgestiegen. Es ist hier der Ort, von neuem daran zu erinnern, daß nach den sinnigen Ansichten der neueren Geognosie die *Metamorphose* des Gesteins sich nicht auf ein bloßes *Kontaktphänomen*, auf eine Wirkung der Apposition zweier Gebirgsarten beschränkt, sondern daß sie genetisch alles umfaßt, was das Hervortreten einer bestimmten Eruptionsmasse *begleitet* hat. Da, wo

nicht unmittelbare Berührung stattfindet, bringt schon die Nähe einer solchen Masse Modifikationen der Verhärtung, der Verkieselung, des Körnigwerdens, der Kristallbildung hervor.

Alles Eruptionsgestein dringt zu Gängen verästelt in die Sedimentschichten oder in andere, ebenfalls endogene Massen ein; aber der Unterschied, der sich zwischen plutonischen Gebirgsarten (Granit, Porphyr, Serpentin) und den im engeren Sinne vulkanisch genannten (Trachyt, Basalt, Lava) offenbart, ist von besonderer Wichtigkeit.[165] Die Gebirgsarten, welche die dem Erdkörper übrig gebliebene Thätigkeit unserer jetzigen Vulkane erzeugt, erscheinen in bandartigen Strömen, die da, wo mehrere in Becken zusammenfließen, allerdings ein weit ausgebreitetes Lager bilden können. Basaltausbrüche, wo ihnen tief nachgespürt worden ist, hat man mehrmals in schmale Zapfen endigen sehen. Aus engen Oeffnungen empor gequollen, wie (um nur drei vaterländische Beispiele anzuführen) in der Pflasterkaute bei Marksuhl (2 Meilen = 15 km von Eisenach), in der blauen Kuppe bei Eschwege (Werraufer), und am Druidenstein auf dem Hollerter Zuge (Siegen), durchbricht der Basalt bunten Sandstein und Grauwackenschiefer, und breitet sich nach oben zu wie der Hut eines Pilzes in Kuppen aus, die bald gruppenweise in Säulen gespalten, bald dünn geschichtet sind. Nicht so Granit, Syenit, Quarzporphyr, Serpentinfels und die ganze Reihe ungeschichteter massiger Gebirgsarten, welchen man aus Vorliebe zu einer mythologischen Nomenklatur den Namen der plutonischen gegeben hat. Diese sind, einige Gesteingänge abgerechnet, wohl nicht geschmolzen, sondern nur zäh und erweicht hervorgetreten; nicht aus engen Klüften, sondern aus weiten thalartigen Spalten, aus langgedehnten Schlünden ausgebrochen. Sie sind hervorgeschoben, nicht entflossen; sie zeigen sich nicht in Strömen, lavaartig, sondern als mächtige Massen verbreitet.[166] In dem Dolerit und Trachytgestein deuten einige Gruppen auf einen Grad basaltartiger Fluidität; andere, zu mächtigen Glocken und kraterlosen Domen aufgetrieben, scheinen bei ihrem Hervortreten nur erweicht gewesen zu sein. Noch andere Trachyte, wie die der Andeskette, welche ich oft auffallend den silberreichen, und dann quarzlosen Grünstein- und Syenitporphyren verwandt gefunden habe, sind gelagert wie Granit und Quarzporphyr.

Versuche über die Veränderungen, welche das Gewebe und die chemische Beschaffenheit der Gebirgsarten durch Feuer

erleiden, haben gelehrt, daß die vulkanischen Massen (Diorit, Augitporphyr, Basalt und Lava vom Aetna) nach Verschiedenheit des Druckes, unter dem sie geschmolzen werden, oder der Dauer ihrer Abkühlung, entweder, bei schnellem Erkalten, ein schwarzes Glas von gleichartigem Bruche, oder, bei langsamer Abkühlung, eine steinichte Masse von körnigem, kristallinischem Gefüge geben. Die Kristalle haben sich dann teils in Höhlungen, teils von der Grundmasse umschlossen gebildet. Dasselbe Material (und diese Betrachtung ist für die Natur des Eruptionsgesteins oder für die Umwandlungen, welche es erregt, von großer Wichtigkeit) liefert die verschiedenartigsten Bildungen. Kohlensaure Kalkerde, unter starkem Drucke geschmolzen, verliert ihren Gehalt an Kohlensäure nicht; die erkaltete Masse wird körniger Kalkstein, *salinischer* Marmor. So die Kristallisation auf trockenem Wege; auf nassem Wege entsteht sowohl Kalkspat als Aragonit, ersterer bei einem geringeren, letzterer bei einem höheren Wärmegrade. Nach Temperaturverschiedenheiten ordnen sich anders und anders die fest werdenden Teile in bestimmten Richtungen zur Kristallbildung aneinander, ja es verändert sich die Form selbst der Kristalle. Es gibt dabei, ohne daß ein flüssiger Zustand eintritt, unter gewissen Verhältnissen eine Verschiebbarkeit der kleinsten Teile eines Körpers, die sich durch optische Wirkungen äußert. Die Erscheinungen, welche die Entglasung, die Erzeugung des Cement- und Gußstahls, der Uebergang des faserigen Gewebes des Eisens in körniges durch erhöhte Temperatur, vielleicht selbst durch sehr kleine, aber gleichmäßige und lange fortgesetzte Erschütterungen darbieten, werfen ebenfalls Licht auf die geologischen Prozesse der Metamorphose. Wärme kann in kristallisierten Körpern sogar entgegengesetzte Wirkungen gleichzeitig hervorrufen; denn nach Mitscherlichs schönen Versuchen ist es eine Thatsache, daß der Kalkspat, ohne seinen Aggregatzustand zu ändern, sich in einer Achsenrichtung ausdehnt, in einer anderen zusammenzieht.

Wenn wir von diesen allgemeinen Betrachtungen zu einzelnen Beispielen übergehen, so sehen wir zuerst den Schiefer durch die Nähe plutonischer Eruptionsgesteine in blauschwarzglänzenden Dachschiefer umgewandelt. Die Schichtungsklüfte sind dann, was eine spätere Einwirkung andeutet, durch ein anderes System von Klüften (Nebenabsonderungen), welche die ersteren fast senkrecht schneiden, unterbrochen. Durch Eindringen von Kieselsäure wird der Thonschiefer von Quarz-

trümmern durchsetzt, in Wetzschiefer und Kieselschiefer (letzterer bisweilen kohlenstoffhaltig und dann galvanisch nervenreizend) teilweise verändert. Der höchste Grad der Verkieselung[167] des Schiefers ist aber ein edles Kunstmaterial, der Bandjaspis, im Uralgebirge durch Berührung und Ausbruch des Augitporphyrs (Orsk), des Dioritporphyrs (Auschkul) oder eines in Kugeln geballten Hypersthengesteins (Bogoslowsk) hervorgebracht; auf der Insel Elba (Monte Serrato) nach Friedrich Hoffmann und im Toskanischen nach Alexander Brongniart durch Kontakt mit Euphotid und Serpentin.

Die Berührung und plutonische Einwirkung des Granits machen (wie wir, Gustav Rose und ich, im Altai, innerhalb der Festung Buchtarminsk beobachtet haben) den Thonschiefer körnig und lassen ihn in eine granitähnliche Masse (in ein Gemenge von Feldspat und Glimmer, in welchem wieder größere Glimmerblätter[168] liegen) übergehen. „Daß zwischen dem Eismeere und dem Finnischen Meerbusen aller Gneis aus silurischen Schichten der Transitionsformation durch Einwirkung des Granits entstanden und umgewandelt worden ist, kann jetzt," wie Leopold von Buch sich ausdrückt, „als eine allen Geognosten geläufige und von den meisten für bewährt angenommene Hypothese gelten. In den Alpen am Gotthard wird Kreidemergel ebenfalls durch Granit erst zu Glimmerschiefer, dann zu Gneis umgewandelt." Aehnliche Erscheinungen der Gneis- und Glimmerschieferbildung durch Granit bieten sich dar: in der Oolithengruppe der Tarantaise,[169] wo Belemniten sich in Gesteinen gefunden haben, die selbst schon auf den Namen des Glimmerschiefers Anspruch machen können; in der Schiefergruppe des westlichen Teils der Insel Elba unfern dem Vorgebirge Calamita, und in dem Baireuther Fichtelgebirge[170] zwischen Lomitz und Markleiten.

So wie ein den Alten in großen Massen nicht zugängliches Kunstmaterial,[171] der Jaspis, das Erzeugnis einer vulkanischen Einwirkung des Augitporphyrs ist, kann ein anderes, von ihnen so vielfach und glücklich angewandtes Kunstmaterial, der körnige (salinische) Marmor, ebenfalls nur als eine durch Erdwärme und Nähe eines heißen Eruptionsgesteins veränderte Sedimentschicht betrachtet werden. Genaue Beobachtung der Kontaktphänomene und die merkwürdigen Schmelzversuche von Sir James Hall, die nun schon über ein halbes Jahrhundert alt sind und neben der ernsten Erforschung der Granitgänge am meisten zur frühen Begründung unserer jetzigen Geognosie

beigetragen haben, rechtfertigen eine solche Behauptung. Bisweilen hat das Eruptionsgestein den dichten Kalk nur in einer gewissen, der Berührung nahen Zone in körnigen Kalkstein verwandelt. So zeigt sich eine partielle Umwandlung (wie ein Halbschatten) in Irland (Belfast), wo Basaltgänge die Kreide durchsetzen; so in dem dichten Flözkalkstein, den ein syenitartiger Granit an der Brücke von Boscampo und in der durch den Grafen Marzari Pencati berühmt gewordenen Kaskade von Canzocoli (Tirol) in teilweise gebogenen Schichten berührt. Eine andere Art der Umwandlung ist die, wo alle Schichten des dichten Kalksteins durch Einwirkung von Granit, Syenit oder Dioritporphyr in körnigen Kalkstein umgeändert sind.[172]

Es sei hier erlaubt, noch speziell des parischen und carrarischen Marmors zu erwähnen, welche für die edelsten Werke der Bildhauerkunst so wichtig geworden sind und unseren geognostischen Sammlungen nur zu lange als Haupttypen uranfänglichen Kalksteins gedient haben. Die Wirkungen des Granits offenbaren sich nämlich teils durch unmittelbare Berührung, wie in den Pyrenäen, teils, wie im Kontinent von Griechenland und in den Inselreihen des Aegeischen Meeres, gleichsam durch die Zwischenschichten von Gneis oder Glimmerschiefer hindurch. Beides setzt einen gleichzeitigen, aber verschiedenartigen Prozeß der Gesteinumwandlung voraus. In Attika, auf Euböa und im Peloponnes ist bemerkt worden, „daß der Regel nach der dem Glimmerschiefer aufgelagerte Kalkstein um so schöner und kristallinischer ist, als sich der Glimmerschiefer ausgezeichnet reiner, d. h. minder thonhaltig, zeigt". Diese letzte Gebirgsart, sowie auch Gneisschichten treten an vielen tiefen Punkten von Paros und Antiparos hervor. Wenn nach einer von Origenes erhaltenen Notiz des alten Eleaten Xenophanes von Kolophon,[173] der sich die ganze Erdrinde als einst vom Meere bedeckt vorstellte, in den Steinbrüchen von Syrakus Versteinerungen von Seeprodukten und in dem tiefsten der Felsen von Paros der „Abdruck von einem kleinen Fisch" (einer Sardelle) gefunden wurden, so könnte man an das Uebrigbleiben einer dort nicht ganz metamorphosierten Flözschicht glauben. Der schon vor dem Augusteischen Zeitalter benutzte Marmor von Carrara (Luna), die Hauptquelle des statuarischen Kunstmaterials, solange die Brüche von Paros nicht wieder eröffnet werden, ist eine durch plutonische Kräfte umgewandelte Schicht desselben Kreidesandsteins

(macigno), welche in der inselförmig aufsteigenden Alp Alpuana zwischen gneisähnlichem Glimmer und Talkschiefer auftritt. Ob an einzelnen Punkten auch in dem Inneren der Erde körniger Kalk gebildet und, gangartig Spalten ausfüllend (Auerbach an der Bergstraße), an die Oberfläche durch Gneis und Syenit emporgedrungen ist, darüber darf ich mir, schon wegen des Mangels eigener Ansicht, kein Urteil erlauben.

Unter aller Einwirkung eines massigen Eruptionsgesteins auf dichte Kalkschichten bieten aber, nach Leopold von Buchs scharfsinnigen Beobachtungen, den merkwürdigen Prozeß der Metamorphose die Dolomitmassen, besonders im südlichen Tirol und in dem italienischen Abfall der Alpenkette, dar. Eine solche Umwandlung des Kalksteins geht von Klüften aus, welche denselben nach allen Richtungen durchsetzen. Die Höhlungen sind überall mit Rhomboiden von Bitterspat bedeckt; ja das ganze Gebilde, dann ohne Schichtung und ohne Spur der Versteinerungen, die es vorher enthielt, besteht nur aus einer körnigen Anhäufung von Dolomitrhomboiden. Talkblätter liegen hier und da vereinzelt in der neuentstandenen Gebirgsart, Serpentintrümmer durchsetzen sie. Im Fassathale steigt der Dolomit senkrecht in glatten Wänden von blendender Weiße zu mehreren tausend Fuß Höhe empor. Er bildet zugespitzte Kegelberge, die in großer Zahl nebeneinander stehen, ohne sich zu berühren. Ihre physiognomische Gestaltung erinnert an die lieblich-phantastische Berglandschaft, mit welcher Leonardo da Vinci das Bild der Mona Lisa als Hintergrund schmückte.

Die geognostischen Erscheinungen, welche wir hier schildern, regen die Einbildungskraft wie das Nachdenken an; sie sind das Werk eines Augitporphyrs, der hebend, zertrümmernd und umwandelnd einwirkt. Der Prozeß der Dolomitisierung wird von dem geistreichen Forscher, der zuerst ihn angedeutet, keineswegs als eine Mitteilung der Talkerde aus dem schwarzen Porphyr, sondern als eine gleichzeitige, das Hervortreten dieses Ausbruchsgesteins auf weiten dampferfüllten Spalten begleitende Veränderung betrachtet. Künftigen Forschungen bleibt es übrig, zu bestimmen, wie da, wo Dolomit in Schichten zwischen Kalkstein eingelagert ist, ohne Berührung mit endogenem Gesteine die Umwandlung erfolgt ist? wo dann die Zuführungskanäle plutonischer Einwirkung verborgen liegen? Vielleicht ist es auch hier noch nicht notwendig, zu dem alten römischen Ausspruch seine Zuflucht zu nehmen, nach welchem

„vieles Gleiche in der Natur auf ganz verschiedenen Wegen gebildet wird". Wenn in einem weit ausgedehnten Erdstriche zwei Erscheinungen, das Emportreten von Melaphyr, und die Kristall- und chemische Mischungsveränderung eines dichten Kalkgesteins, einander immer begleiten, so darf man wohl da, wo die zweite Erscheinung ohne die erste sichtbar wird, mit einigem Rechte vermuten, daß der scheinbare Widerspruch in der Nichterfüllung gewisser die verborgene Haupturſache begleitender Bedingungen gegründet ist. Würde man darum die vulkanische Natur, die Feuerflüssigkeit des Basalts in Zweifel ziehen, weil sich einige seltene Fälle gezeigt haben, in denen Basaltgänge, Steinkohlenflöze, Sandstein oder Kreideschichten durchsetzend, weder die Kohle wesentlich ihres Brennstoffes beraubt, noch den Sandstein gefrittet und verschlackt, noch die Kreide in körnigen Marmor verwandelt haben? Wo in der dunkeln Region der Gesteinbildung ein Dämmerlicht, eine leitende Spur aufgefunden worden, muß man beide nicht darum gleich undankbar verlassen, weil in den Verhältnissen der Uebergänge und der isolierten Einlagerung zwischen unveränderten Schichten noch manches für jetzt unerklärt bleibt.

Nach der Veränderung des dichten kohlensauren Kalkes in körnigen Kalkstein und in Dolomit muß hier noch einer dritten Umwandlung desselben Gesteins erwähnt werden, welche den in der Urzeit vulkanisch ausgebrochenen schwefelsauren Dämpfen zuzuschreiben ist. Diese Umwandlung des Kalkes in Gips ist mit dem Eindringen von Steinsalz und Schwefel (letzterer aus schwefelhaltigen Wasserdämpfen niedergeschlagen) verwandt. In der hohen Andeskette von Quindiu, fern von allen Vulkanen, habe ich auf Klüften im Gneis diesen Niederschlag des Schwefels beobachtet, während Schwefel, Gips und Steinsalz in Sizilien (Cattolica bei Girgenti) zu den neuesten Sekundärschichten der Kreideformation gehören. Spalten mit Steinsalz gefüllt, in beträchtlichen, bisweilen einen unerlaubten Handel begünstigenden Massen, habe ich am Vesuv in dem Rande des Kraters selbst gesehen. An beiden Abhängen der Pyrenäen ist der Zusammenhang des Diorit- (und Pyroxen-?) Gesteins mit dem Auftreten der Dolomite, des Gipses und des Steinsalzes nicht zu bezweifeln. Alles verkündigt in den hier geschilderten Erscheinungen die Einwirkung unterirdischer Mächte auf Sedimentschichten des alten Meeres.

Die reinen Quarzlager von ungeheurer Mächtigkeit, welche

für die Andeskette von Südamerika so charakteristisch sind (ich habe, von Caxamarca gegen Guangamarca hin nach der Südsee herabsteigend, Quarzmassen von sieben- bis achttausend Fuß [= 2270 bis 2600 m] mächtig gefunden), sind von rätselhafter Entstehung; sie ruhen bald auf quarzlosem Porphyr, bald auf Dioritgestein. Wurden sie aus Sandstein umgewandelt, wie Élie de Beaumont es von den Quarzschichten am Col de la Poissonière (östlich von Briançon) vermutet? In Brasilien, in den neuerlichst von Clausen so genau untersuchten Diamantdistrikten von Minas Geraes und St. Paul, haben plutonische Kräfte auf Dioritgängen bald gewöhnlichen Glimmer, bald Eisenglimmer in dem Quarzitakolumit entwickelt. Die Diamanten von Grammagoa sind in Schichten fester Kieselsäure enthalten; bisweilen liegen sie von Glimmerblättchen umhüllt, ganz wie die im Glimmerschiefer entstandenen Granaten. Die nördlichsten aller Diamanten, die seit 1829 unter 58° Breite, am europäischen Abfall des Urals, entdeckten, stehen auch in geognostischen Verhältnissen zum schwarzen kohlenstoffhaltigen Dolomit von Adolfskoi, wie zum Augitporphyr, welche durch genaue Beobachtungen noch nicht hinlänglich aufgeklärt sind.

Unter die denkwürdigsten Kontaktphänomene gehört endlich noch die Granitbildung im Thonschiefer bei Berührung mit Basalt und Doleritgestein (Northumberland und Insel Anglesea), wie die Erzeugung einer großen Menge schöner und sehr verschiedenartiger Kristalle (Granat, Vesuvian, Augit und Ceylanit), welche an den Berührungsflächen von Eruptions- und Sedimentgestein, an der Grenze des Monzonisyenits mit Dolomit und dichtem Kalkstein sich entwickeln. Auf der Insel Elba haben Serpentinsteinmassen, welche vielleicht nirgends so deutlich als Eruptionsgebirgsarten erscheinen, in den Klüften eines Kreidesandsteins die Sublimation von Eisenglanz und Roteisenstein bewirkt. Denselben Eisenglanz sehen wir noch täglich am Kraterrande und in frischen Lavaströmen des Vulkans von Stromboli, des Vesuvs und des Aetna sich aus der Dampfform an den Spaltwänden offener Gänge sublimieren.[174] Wie hier durch vulkanische Kräfte sich Gangmassen unter unseren Augen bilden, da wo das Nebelgestein schon zu einem Zustande der Starrheit gelangt ist, so haben auf eine ähnliche Weise in den Revolutionen der Erdrinde Gestein- und Erzgänge überall entstehen können, wo die feste, aber noch dünne Rinde des Planeten, öfter durch Erdstöße erschüttert, bei

Volumveränderung im Erkalten zerklüftet und gespalten, mehrfache Verbindungen mit dem Inneren, mehrfache Auswege für aufsteigende, mit Erd- und Metallstoffen geschwängerte Dämpfe darbot. Die den Salbändern parallele, lagenweise Anordnung der Gemengteile, die regelmäßige Wiederholung gleichnamiger Lagen zu beiden Seiten (im Hangenden und Liegenden des Ganges), ja die drusenförmigen langgedehnten Höhlungen der Mitte bezeugen oft recht unmittelbar den plutonischen Prozeß der Sublimation in den Erzgängen. Da die durchsetzenden neueren Ursprunges als die durchsetzten sind, so lehren die Lagerungsverhältnisse des Porphyrs zu den Silbererzformationen, daß diese in dem sächsischen Erzgebirge, also in dem wichtigsten und reichsten Erzgebirge Deutschlands, zum wenigsten jünger als die Baumstämme des Steinkohlengebirges und des Rotliegenden sind.[175]

Alles, was mit unseren geologischen Vermutungen über die Bildung der Erdrinde und die Umwandlung der Gebirgsarten zusammenhängt, hat ein unerwartetes Licht dadurch gewonnen, daß man den glücklichen Gedanken gehabt hat, die Schlackenbildung in unseren Schmelzöfen mit der Entstehung natürlicher Mineralien zu vergleichen, und künstlich diese aus ihren Elementen wiederum zusammenzusetzen. Bei allen diesen Operationen wirken dieselben Verwandtschaften, welche in unseren Laboratorien wie in dem Schoße der Erde die Zusammensetzung chemischer Verbindungen bestimmen. Der wichtigste Teil der einfachen Mineralien, welche sehr allgemein verbreitete plutonische und vulkanische Eruptionsgesteine, wie die durch sie metamorphosierten Gebirgsarten charakterisieren, sind schon kristallinisch und in vollkommener Gleichheit unter den künstlichen Mineralbildungen aufgefunden worden. Wir unterscheiden die, welche in den Schlacken zufällig entstanden sind, und die, welche absichtlich von den Chemikern hervorgebracht wurden. Zu den ersteren gehören Feldspat, Glimmer, Augit, Olivin, Blende, kristallisiertes Eisenoxyd (Eisenglimmer), Magneteisenoktaeder und metallisches Titan;[176] zu den zweiten: Granat, Idokras, Rubin (dem orientalischen an Härte gleich), Olivin und Augit.[177] Die hier genannten Mineralien bilden die Hauptbestandteile von Granit, Gneis und Glimmerschiefer, von Basalt, Dolerit und vielen Porphyren. Die künstliche Erzeugung von Feldspat und Glimmer ist besonders von großer geognostischer Wichtigkeit für die Theorie der Gneisbildung durch Umwandlung des Thon-

schiefers. Dieser enthält die Bestandteile des Granits, Kali nicht ausgeschlossen. Es wäre demnach, bemerkt mit Recht ein scharfsinniger Geognost, Herr von Dechen, nicht sehr unerwartet, wenn wir an den Wänden eines Schmelzofens, der aus Thonschiefer und Grauwacke aufgeführt ist, einmal ein Gneisfragment sich bilden sähen.

Es bleibt in diesen allgemeinen Betrachtungen über die feste Erdrinde nach Aufzählung von drei Entstehungsformen (dem Eruptions-, Sediment- und metamorphosierten Gestein) noch eine vierte Klasse zu nennen übrig, die der Agglomeratbildung oder des Trümmergesteins. Dieser Name selbst erinnert an die Zerstörungen, welche die Oberfläche der Erde erlitten; er erinnert aber auch an die Prozesse der Cementierung (Verkittung), welche durch Eisenoxyd, durch thon- und kalkartige Bindemittel die bald abgerundeten, bald eckig gebliebenen Teile wiederum miteinander verbunden hat. Agglomerate und Trümmergesteine im weitesten Sinne des Wortes offenbaren den Charakter einer zweifachen Entstehungsweise. Die Materialien, welche ihre mechanische Zusammensetzung bilden, sind nicht bloß von den flutenden Meereswogen oder bewegten süßen Wassern herbeigeführt; es gibt Trümmergesteine, an deren Bildung der Stoß des Wassers keinen Anteil gehabt hat. „Wenn basaltische Inseln oder Trachytberge auf Spalten sich erheben, veranlaßt die Reibung des aufsteigenden Gesteins gegen die Wände der Spalten, daß Basalt und Trachyt sich mit Agglomeraten ihrer eigenen Massen umgeben. In den Sandsteinen vieler Formationen sind die Körner, aus denen sie zusammengesetzt sind, mehr losgerissen durch die Reibung des ausbrechenden (vulkanischen oder plutonischen) Gesteins als zertrümmert durch die Bewegung eines nachbarlichen Meeres. Das Dasein solcher Reibungskonglomerate (die in beiden Weltteilen in ungeheuren Massen gefunden werden) bezeugt die Intensität der Kraft, mit welcher die Eruptionsmassen gegen die Erdoberfläche gestoßen sind, als sie aus dem Inneren emporgetrieben wurden. Die Wasser bemächtigen sich dann der ihres Zusammenhanges beraubten Körner und verbreiten sich in Lagen auf dem Grunde selbst, den sie überdecken."[178] Sandsteingebilde findet man eingelagert durch alle Schichten von dem unteren silurischen Uebergangsgebirge an bis jenseits der Kreide in den Tertiärformationen. An den Rändern der unermeßlichen Ebenen des Neuen Weltteils, in und außerhalb der Tropen sieht man sie mauer-

artig gleichsam das alte Ufer bezeichnen, an dem die mächtige Wellenbrandung schäumte.

Wenn man einen Blick wagen will auf die geographische Verbreitung der Gebirgsarten und ihre räumlichen Verhältnisse in dem Teile der Erdrinde, welcher unseren Beobachtungen zugänglich ist, so erkennt man, daß der am allgemeinsten verbreitete chemische Stoff die Kieselsäure ist, meist in undurchsichtigem Zustande und mannigfach gefärbt. Nach der festen Kieselsäure herrscht zunächst kohlensaurer Kalk; dann kommen die Verbindungen von Kieselsäure mit Thonerde, Kali und Natron, mit Kalkerde, Magnesia und Eisenoxyd. Wenn das, was wir Gebirgsarten nennen, bestimmte Associationen einer kleinen Zahl von Mineralien sind, denen sich, wie parasitisch, einige andere, aber auch nur bestimmte anschließen; wenn in einem Eruptionsgestein, dem Granit, die Association von Quarz (Kieselsäure), Feldspat und Glimmer das Wesentliche ist, so gehen diese Mineralien auch vereinzelt oder gepaart durch viele andere Schichten hindurch. Um nur beispielsweise zu zeigen, wie quantitative Verhältnisse ein Feldspatgestein von einem anderen, glimmerreichen unterscheiden, erinnere ich daran, daß, wenn, nach Mitscherlich, zum Feldspat dreimal mehr Thonerde und $^1/_3$ mehr Kieselsäure, als demselben eigen ist, hinzugefügt wird, man die Zusammensetzung des Glimmers erhält. In beiden ist Kali enthalten, ein Stoff, dessen Existenz in vielen Gebirgsarten wohl über den Anfang aller Vegetation auf dem Erdkörper hinaufsteigt.

Die Reihenfolge und mit ihr das Alter der Formation wird durch die gegenseitige Auflagerung der Sediment-, der umgewandelten und der Aggregatschichten, durch die Natur der Gebilde, bis zu welcher die Eruptionsmassen hinaufsteigen, am sichersten aber durch die Anwesenheit organischer Reste und die Verschiedenartigkeit ihres Baues erkannt. Die Anwendung der botanischen und zoologischen Kennzeichen auf die Bestimmung des Alters der Felsmassen, die Chronometrik der Erdrinde, welche Hookes großer Geist schon ahnte, bezeichnet eine der glänzendsten Epochen der neuen, den semitischen Einflüssen wenigstens auf dem Kontinent endlich entzogenen Geognosie. Paläontologische Studien haben der Lehre von den starren Gebilden der Erde, wie durch einen belebenden Hauch, Anmut und Vielseitigkeit verliehen.

Die versteinerungshaltigen Schichten bieten uns, in

ihren Grabstätten erhalten, die Floren und die Faunen der verflossenen Jahrtausende dar. Wir steigen aufwärts in die Zeit, indem wir, die räumlichen Lagerungsverhältnisse ergründend, von Schicht zu Schicht abwärts dringen. Ein hingeschwundenes Tier- und Pflanzenleben tritt vor unsere Augen. Weit verbreitete Erdrevolutionen, die Erhebung großer Bergketten, deren relatives Alter wir zu bestimmen vermögen, bezeichnen den Untergang alter Organismen, das Auftreten neuer. Einige wenige der älteren erscheinen noch einige Zeit lang unter den neueren. In der Eingeschränktheit unseres Wissens vom Werden, in der Bildersprache, welche diese Eingeschränktheit verbergen soll, nennen wir neue Schöpfungen die historischen Phänomene des Wechsels in den Organismen, wie in der Bewohnung der Urgewässer und des gehobenen trockenen Bodens. Bald sind diese untergegangenen organischen Gebilde ganz erhalten, vollständig bis in die kleinsten Gewebe, Hüllen und gegliederte Teile; bald hat das laufende Tier, auf feuchtem Thonletten fortschreitend, nur seine Fährte, in den Koprolithen die Reste unverdauter Nahrung hinterlassen. In der unteren Juraschicht (Lias von Lyme Regis) ist die Erhaltung des Tintenbeutels[179] der Sepia so wunderbar vollkommen, daß dieselbe Materie, welche vor Myriaden von Jahren dem Tiere hat dienen können, um sich vor seinen Feinden zu verbergen, noch die Farbe hergegeben hat, mit der sein Bild entworfen wird. In anderen Schichten ist oft nur der schwache Abdruck einer Muschelschale übrig geblieben; und doch kann diese, von Reisenden aus einem fernen Lande mitgebracht, wenn sie eine Leitmuschel ist, lehren, welche Gebirgsformation sich dort vorfindet, mit welchen anderen organischen Resten sie vergesellschaftet war. Sie erzählt die Geschichte des Landes.

Das zergliedernde Studium des alten Tier- und Pflanzenlebens hat eine zweifache Richtung. Die eine ist eine rein morphologische, und vorzugsweise der Naturbeschreibung und Physiologie der Organismen zugewandt; sie füllt durch untergegangene Bildungen die Lücken in der Reihe der jetzt noch belebten aus. Die zweite Richtung ist eine geognostische, welche die fossilen Reste in ihrem Verhältnis zu dem Aufeinanderliegen und relativen Alter der Sedimentformationen betrachtet. Lange ist die erstere die vorherrschende gewesen, und eine zu unvollständige und oberflächliche Vergleichung der Versteinerungen mit den jetzt existierenden Arten hatte auf Irrwege

geleitet, deren Spuren noch in den wundersamen Benennungen gewisser Naturkörper zu entdecken sind. Man wollte in allen untergegangenen Arten die lebenden erkennen, wie nach falschen Analogieen man im 16. Jahrhunderte die Tiere des alten und neuen Kontinents miteinander verwechselte. Peter Camper, Sömmering und Blumenbach hatten das Verdienst, durch die wissenschaftliche Anwendung einer feineren vergleichenden Anatomie den osteologischen Teil der Paläontologie (Altertumskunde des organischen Lebens), soweit derselbe die großen fossilen Wirbeltiere betrifft, zuerst aufzuklären; aber die eigentliche geognostische Ansicht der Versteinerungslehre, die glückliche Verbindung der zoologischen Charaktere mit der Alters- und Auflagerungsfolge der Schichten, verdankt man der großen Arbeit von Georg Cuvier und Alexander Brongniart.

Die ältesten Sedimentformationen, die des Transitionsgebirges,[180] bieten in den organischen Resten, welche sie einschließen, ein Gemisch von Bildungen, die auf der Stufenleiter der sich allmählich vervollkommnenden Entwickelung einen sehr verschiedenen Platz einnehmen. Von Pflanzen enthalten sie freilich nur einigen Seetang, Lykopodiaceen, die vielleicht baumartig waren, Equisetaceen und tropische Farne; aber von den tierischen Organismen finden wir sonderbar zusammen: Krustaceen (Trilobiten mit Netzaugen und Kalymenen), Brachiopoden (Spirifer, Orthis), die zierlichen Sphäroniten, welche den Krinoiden nahe stehen, Orthoceratiten aus den Cephalopoden, Steinkorallen, und mit diesen niederen Organismen schon Fische von wunderbarer Gestalt in oberen silurischen Schichten. Die schwergepanzerte Familie der Cephalaspiden, aus welcher Fragmente der Gattung Pterichthys lange für Trilobiten gehalten wurden, gehören dem devonischen Gebilde (Old Red) ausschließlich an, und zeigen, nach Agassiz, in der Reihe der Fischformen einen so eigentümlichen Typus als Ichthyosauren und Plesiosauren unter den Reptilien. Aus der Gruppe der Ammoniten beginnen die Goniatiten ebenfalls in dem Uebergangskalk und der Grauwacke der devonischen Schichten, ja selbst in den letzten silurischen.

Die Abhängigkeit physiologischer Abstufung von dem Alter der Formationen, welche bisher in der Lagerung der wirbellosen Tiere wenig erkannt worden ist, offenbart sich auf das regelmäßigste in den Vertebraten oder Wirbeltieren selbst. Die ältesten unter diesen sind, wie wir eben gesehen, die Fische;

dann folgen nach der Reihe der Formationen, von den unteren zu den oberen übergehend, Reptilien und Säugetiere. Das erste Reptil (ein Saurier, Monitor nach Cuvier), das schon die Aufmerksamkeit von Leibniz[151] anregte, zeigte sich im Kupferschieferflöz des Zechsteins in Thüringen; mit ihm von gleichem Alter, nach Murchison, Paläosaurus und Thecodontosaurus von Bristol. Die Saurier nehmen zu im Muschelkalk, im Keuper und in der Juraformation, wo sie ihr Maximum erreichen. Zur Zeit dieser Formation lebten: Plesiosauren mit 30 Wirbel langem Schwanenhalse, der Megalosaurus, ein krokodilartiges Ungeheuer von 45 Fuß (14,6 m) Länge und mit Fußknochen wie ein schweres Landsäugetier, 8 Arten großäugiger Ichthyosauren, der Geosaurus oder Sömmerings Lacerta gigantea, endlich 7 scheußlich wunderbare Pterodaktylen[152] oder Saurier mit einer Flughaut. In der Kreide nimmt die Zahl der krokodilartigen Saurier schon ab; doch bezeichnen diese Epoche das sogenannte Krokodil von Maistricht (Mososaurus von Conybeare) und das kolossale, vielleicht grasfressende Iguanodon. Tiere, die zum jetzigen Geschlechte der Krokodile gehören, hat Cuvier bis in die Tertiärformation aufsteigen sehen; ja Scheuchzers Sintflutmensch (homo diluvii testis), ein großer Salamander, mit dem Axolotl verwandt, welchen ich aus den Seen um Mexiko mitgebracht, gehört der neuesten Süßwasserformation von Oeningen an.

Das relative Alter der Organismen, durch die Auflagerung der Gebirgsschichten bestimmt, hat zu wichtigen Resultaten über die Verhältnisse geführt, welche zwischen den untergegangenen und noch lebenden Geschlechtern und Arten (letzteren, den Arten, in sehr geringer Zahl) erkannt werden. Alte und neue Beobachtungen erweisen, daß die Floren und Faunen um so verschiedener von den jetzigen Gestalten der Pflanzen und Tiere sind, als die Sedimentformationen zu den unteren, d. h. älteren, gehören.[153] Die numerischen Verhältnisse, welche diese große, von Cuvier zuerst aufgeklärte Wechselerscheinung des organischen Lebens darbietet, haben besonders in den verschiedenen Gruppen der Tertiärformation, die eine beträchtliche Masse genau untersuchter Gebilde enthalten, durch die verdienstvolle Arbeit von Deshayes und Lyell zu entscheidenden Ergebnissen geleitet. Agassiz, der von 1700 Arten fossiler Fische Kenntnis genommen, und die Zahl der lebenden Arten, welche beschrieben sind oder in Sammlungen auf-

bewahrt werden, auf 8000 schätzt, sagt mit Bestimmtheit in seinem Meisterwerke, „daß er mit Ausnahme eines einzigen kleinen, den Thongeoden von Grönland eigentümlichen, fossilen Fisches, in allen Transitions-, Flöz- und Tertiärschichten kein Tier dieser Klasse gefunden habe, das spezifisch identisch mit einem jetzt noch lebenden Fische wäre"; er fügt die wichtige Bemerkung hinzu, „daß in den unteren Tertiärgebilden, z. B. im Grobkalk und London Clay, $^1/_3$ der fossilen Fische bereits ganz untergegangenen Geschlechtern zugehöre; unter der Kreide sei kein einziges Fischgeschlecht der heutigen Zeit mehr zu finden, und die wunderbare Familie der Sauroiden (Fische mit Schmelzschuppen, die in der Bildung sich fast den Reptilien nähern und von der Kohlenformation, in welcher die größten Arten liegen, bis zu der Kreide vereinzelt aufsteigen) verhalte sich zu den beiden Geschlechtern (Lepidosteus und Polypterus), welche die amerikanischen Flüsse und den Nil bevölkern, wie unsere jetzigen Elefanten und Tapire zu den Mastodonten und Anaplotherien der Urwelt".

Kreideschichten aber, welche noch zwei dieser Sauroidenfische, und riesenhafte Reptilien, wie eine ganze bereits untergegangene Welt von Korallen und Muscheln darbieten, sind, nach Ehrenbergs schöner Entdeckung, aus mikroskopischen Polythalamien zusammengesetzt, deren viele noch heute in unseren Meeren, und zwar in mittleren Breiten, in der Nord- und Ostsee leben. Die erste Gruppe der Tertiärformation über der Kreide, eine Gruppe, die man sich gewöhnt hatte durch den Namen: Schichten der Eocänperiode zu bezeichnen, verdient also eigentlich diesen Namen nicht, „da die Morgendämmerung der mit uns lebenden Natur viel tiefer in die Geschichte der Erde reicht, als man bisher geglaubt hatte".

Wie die Fische, die ältesten aller Wirbeltiere, schon in silurischen Transitionsschichten sich zeigen und dann ununterbrochen durch alle Formationen durchgehen, bis in die Schichten der tertiären Zeit, wie wir die Saurier mit dem Zechstein haben beginnen sehen, so finden sich die ersten Säugetiere (Thylacotherium Prevostii und T. Bucklandi, nach Valenciennes mit den Beuteltieren nahe verwandt) in der Juraformation[184] (dem Stonesfieldschiefer), und der erste Vogel in den älteren Kreidegebilden.[185] Das sind nach unserem jetzigen Wissen die unteren Grenzen der Fische, der Saurier, der Säugetiere und der Vögel.

Wenn aber auch von den wirbellosen Tieren in den

ältesten Formationen Steinkorallen und Serpuliten mit sehr ausgebildeten Cephalopoden und Krustaceen gleichzeitig, also die verschiedensten Ordnungen unabgesondert erscheinen, so sind dagegen in vielen einzelnen Gruppen derselben Ordnung sehr bestimmte Gesetze entdeckt worden. Muschelversteinerungen derselben Art, Goniatiten, Trilobiten und Nummuliten, bilden ganze Berge. Wo verschiedene Geschlechter gemengt sind, ist nicht bloß oft eine bestimmte Reihenfolge der Organismen nach Verhältnis der Auflagerung der Formationen erkannt worden, man hat auch in den untergeordneten Schichten derselben Formation die Association gewisser Geschlechter und Arten beobachtet. Durch die scharfsinnige Auffindung der Gesetze der Lobenstellung hat Leopold von Buch die Unzahl der Ammoniten in wohl gesonderte Familien geteilt und erwiesen, wie die Ceratiten dem Muschelkalk, die Widder (Arietes) dem Lias, die Goniatiten dem Transitionskalkstein und der Grauwacke angehören. Belemniten haben ihre untere Grenze im Keuper, den der Jurakalkstein bedeckt; ihre obere in der Kreide. Die Wasser sind zu denselben Epochen in weit voneinander entfernten Weltgegenden durch Schaltiere belebt gewesen, die wenigstens teilweise, wie man heute bestimmt weiß, identisch mit den in Europa fossilen waren. Leopold von Buch hat aus der südlichen Hemisphäre (Vultan Maypo in Chile Exogyren und Trygonien, d'Orbigny hat aus dem Himalayagebirge und den indischen Ebenen von Cutsch Ammoniten und Gryphaeen bezeichnet, der Art nach genau identisch mit denen, welche aus dem alten Jurameer in Deutschland und Frankreich abgesetzt worden sind.

Gebirgsschichten, ausgezeichnet durch bestimmte Arten der Petrefakte oder durch bestimmte Geschiebe, die sie enthalten, bilden einen geognostischen Horizont, nach welchem der forschende Geognost, wo er zweifelhaft bleibt, sich orientieren kann, und dessen Verfolgung sichere Aufschlüsse gewährt über die Identität oder das relative Alter der Formationen, über die periodische Wiederkehr gewisser Schichten, ihren Parallelismus oder ihre gänzliche Suppression (Verkümmerung). Wenn man so den Typus der Sedimentgebilde in der größten Einfachheit seiner Verallgemeinerung auffassen will, so folgen von unten nach oben:[186]

1) das sogenannte Uebergangsgebirge in den zwei Abteilungen unterer und oberer Grauwacke (Silu-

rischer und devonischer Schichten, letztere vormals als alter roter Sandstein bezeichnet;

2) die untere Trias, als Bergkalk, Steinkohlengebirge samt totliegendem, und Zechstein;

3) die obere Trias, als bunter Sandstein, Muschelkalk und Keuper;

4) der Jurakalk (Lias und Oolithen);

5) Quadersandstein, untere und obere Kreide, als die letzte der Flötzschichten, welche mit dem Bergkalk beginnen;

6) Tertiärgebilde in drei Abteilungen, die durch Grobkalk, Braunkohle und Subapenninengerölle bezeichnet werden.

Im Schuttlande folgen dann die riesenmäßigen Knochen vorweltlicher Säugetiere: Mastodonten, Dinotherium, Missurium, und die Megatheriden, unter denen Owens faultierartiger Mylodon 11 Fuß (3,5 m) Länge erreicht. Zu diesen vorweltlichen Geschlechtern gesellen sich die fossilen Reste jetzt lebender Tiere: Elefant, Rhinoceros, Ochs, Pferd und Hirsch. Das mit Mastodontenknochen überfüllte Feld bei Bogota (Campo de Gigantes), in dem ich sorgfältig graben ließ, liegt 8200 Fuß (2663 m) über dem Meeresspiegel, und in den Hochebenen von Mexiko gehören die gefundenen Gebeine untergegangener Arten wahrer Elefanten an. So wie die, gewiß zu sehr ungleichen Epochen gehobene Andeskette, enthalten auch die Vorgebirge des Himalaya (die Sewalikhügel, welche der Kapitän Cautley und Dr. Falconer so eifrig durchsucht haben) neben den zahlreichen Mastodonten, dem Sivatherium und der riesenhaften, 12 Fuß (3,9 m) langen und 6 Fuß (1,95 m) hohen Landschildkröte der Vorwelt (Colossochelys) Geschlechter unserer Zeit: Elefanten, Rhinoceros und Giraffen; ja, was sehr zu beachten ist, in einer Zone, die heute noch dasselbe tropische Klima genießt, welches man zur Zeit der Mastodonten vermuten darf.

Nachdem wir die anorganischen Bildungsstufen der Erdrinde mit den tierischen Resten verglichen haben, welche in derselben begraben liegen, bleibt uns noch übrig, einen anderen Teil der Geschichte des organischen Lebens zu berühren: den der Vegetationsepochen, der mit der zunehmenden Größe des trockenen Landes und den Modifikationen der Atmosphäre wechselnden Floren. Die ältesten Transitionsschichten zeigen, wie schon oben bemerkt, nur zellige Laub-

pflanzen des Meeres. Erst in den devonischen Schichten hat man von Gefäßpflanzen einige kryptogamische Formen (Kalamiten und Lykopodiaceen) beobachtet. Nichts scheint zu beweisen, wie man aus theoretischen Ansichten über Einfachheit der ersten Lebensformen hat annehmen wollen, daß das vegetabilische Leben früher als das animalische auf der alten Erde erwacht sei, daß dieses durch jenes bedingt sei. Selbst die Existenz von Menschenstämmen, welche in die eisige Gegend der nordischen Polarländer zurückgedrängt worden sind und allein von Fischfang und Cetaceen leben, mahnt uns an die Möglichkeit der Entbehrung alles Pflanzenstoffes. Nach den devonischen Schichten und dem Bergkalk erscheint ein Gebilde, dessen botanische Zergliederung in der neuesten Zeit so glänzende Fortschritte gemacht hat. Die Steinkohlenformation umfaßt nicht bloß farnartige kryptogamische Gewächse und phanerogamische Monokotylen (Gräser, yukkaartige Liliengewächse und Palmen), sie enthält auch gymnosperme Dikotyledonen (Koniferen und Cykadeen). Fast 400 Arten sind schon aus der Flor der Steinkohlengebilde bekannt. Wir nennen nur hier die baumartigen Kalamiten und Lykopodiaceen, schuppige Lepidodendreen, Sigillarien, bis zu 60 Fuß (20 m) Länge, und bisweilen aufwärts stehend eingewurzelt und ausgezeichnet durch ein doppeltes Gefäßbündelsystem; kaktusähnliche Stigmarien, eine Unzahl von Farnkräutern, teils als Stämme, teils als Wedel, und durch ihre Menge die noch ganz insulare Gestalt des trockenen Landes andeutend; Cykadeen),[188] und besonders Palmen, in geringer Zahl, Asterophylliten mit quirlförmigen Blättern, den Najaden verwandt, araukarienartige Koniferen[189] mit schwachen Andeutungen von Jahresringen. Die Verschiedenartigkeit des Charakters einer Vegetation, welche auf den trockengelegten und gehobenen Teilen des alten roten Sandsteins sich üppig entwickelt hat, von der Pflanzenwelt der jetzigen Zeit erhält sich auch in der späteren Vegetationsperiode bis zu den letzten Schichten der Kreide; aber bei großer Fremdartigkeit der Formen zeigt die Steinkohlenflora doch eine sehr auffallende einförmige Verbreitung derselben Geschlechter (wenn auch nicht immer derselben Arten) in allen Teilen der damaligen Erdoberfläche: in Neuholland, Kanada, Grönland und Melvilles Insel.

Die Vegetation der Vorwelt bietet vorzugsweise solche Gestalten dar, welche durch gleichzeitige Verwandtschaft mit mehreren Familien der jetzigen Welt daran erinnern, daß mit

ihr viele Zwischenglieder organischer Entwickelungsstufen untergegangen sind. So stehen, um nur zwei Beispiele anzuführen, die Arten von Lepidodendron nach Lindley zwischen den Koniferen und den Lykopoditen,[190] dahingegen die Araukariten und Piniten in der Vereinigung der Gefäßbündel etwas Fremdartiges zeigen. Bleibt aber auch unsere Betrachtung allein auf die Jetztwelt beschränkt, so ist die Auffindung von Cykadeen und Zapfenbäumen (Koniferen) in der alten Steinkohlenflora neben den Sagenarien und dem Lepidodendron doch von großer Bedeutsamkeit. Die Koniferen haben nämlich nicht bloß Verwandtschaft mit den Kupuliferen und den Betulineen, welchen wir sie in der Braunkohlenformation beigesellt sehen, sie haben sie auch mit den Lykopoditen. Die Familie der sagoartigen Cykadeen nähert sich im äußeren Ansehen den Palmen, während sie im Bau der Blüten und Samen wesentlich mit den Koniferen übereinstimmt. Wo mehrere Steinkohlenflöze übereinander liegen, sind die Geschlechter und Arten nicht immer gemengt, sondern meist geschlechterweise geordnet, so daß Lykopoditen und gewisse Farnkräuter sich nur in einem Flöze, und Stigmarien und Sigillarien in einem anderen finden. Um sich von der Ueppigkeit des Pflanzenwuchses der Vorwelt und von der durch Strömungen angehäuften Masse des, gewiß[191] auf nassem Wege in Kohle verwandelten, vegetabilischen Stoffes einen Begriff zu machen, muß man sich erinnern, daß in dem Saarbrücker Kohlengebirge 120 Kohlenlagen übereinander liegen, die vielen schwachen, bis gegen einen Fuß dicken, ungerechnet; daß es Kohlenflöze von 30, ja zu Johnstone (Schottland) und in Creuzot (Burgund) von mehr als 50 Fuß (9,75 bis 16,25 m) Mächtigkeit gibt, während in der Waldregion unserer gemäßigten Zone die Kohle, welche die Waldbäume eines gegebenen Flächenraumes enthalten, diesen Raum in 100 Jahren im Durchschnitt nur mit einer Schichte von 7 Linien (0,0175 m) Dicke bedecken würde.[192] Nahe der Mündung des Mississippi und in den vom Admiral Wrangel beschriebenen sogenannten hölzernen Bergen des Sibirischen Eismeeres findet sich noch jetzt eine solche Zahl von Baumstämmen durch Flußverzweigungen und Meeresströme zusammengetrieben, daß die Schichten des Treibholzes an die Vorgänge mahnen können, welche in den Binnenwassern und Inselbuchten der Vorwelt die Erzeugung der Steinkohlenablagerungen veranlaßten. Dazu verdanken diese Ablagerungen gewiß einen beträchtlichen Teil ihres Materials nicht

den großen Baumstämmen, sondern kleinen Gräsern, Laubkräutern und niedrigen Kryptogamen.

Die Zusammengesellung von Palmen und Koniferen, die wir bereits in dem Steinkohlengebilde bezeichnet haben, geht fort fast durch alle Formationen bis tief in die Tertiärperiode. In der jetzigen Welt scheinen sie sich eher zu fliehen. Wir haben uns, wenngleich mit Unrecht, so gewöhnt, alle Koniferen als eine nordische Form zu betrachten, daß ich selbst, von den Küsten der Südsee nach Chilpanzingo und den Hochthälern von Mexiko aufsteigend, in Erstaunen geriet, als ich zwischen der Venta de la Moxonera und dem Alto de los Caxones (3800 Fuß = 1234 m über dem Meeresspiegel) einen ganzen Tag durch einen dichten Wald von Pinus occidentalis ritt, in welchem dieser, der Weimutsfichte so ähnliche Zapfenbaum einer mit vielfarbigen Papageien bedeckten Fächerpalme[193] (Corypha dulcis) beigesellt war. Südamerika nährt Eichen, aber keine einzige Pinusart, und das erste Mal, als ich wieder die heimische Gestalt einer Tanne sah, erschien sie mir in der entfremdenden Nähe einer Fächerpalme. Auch im nordöstlichsten Ende der Insel Cuba[194] ebenfalls unter den Tropen, doch kaum über dem Meeresspiegel erhoben, sah auf seiner ersten Entdeckungsreise Christoph Kolombus Koniferen und Palmen zusammen wachsen. Der sinnige, alles beachtende Mann merkt es, als eine Sonderbarkeit, in seinem Reisejournale an, und sein Freund Anghiera, der Sekretär Ferdinands des Katholischen, sagt mit Verwunderung, „daß in dem neu aufgefundenen Lande man palmeta und pineta beisammen fände“. Es ist für die Geologie von großem Interesse, die jetzige Verteilung der Pflanzen auf dem Erdboden mit der zu vergleichen, welche die Floren der Vorwelt offenbaren. Die temperierte Zone der wasser- und inselreichen südlichen Hemisphäre, in welcher Tropenformen sich wunderbar unter die Formen älterer Erdstriche mischen, bietet nach Darwins schönen, lebensfrischen Schilderungen die belehrendsten Beispiele für alte und neue, vorweltliche und dermalige Pflanzengeographie. Die vorweltliche ist im eigentlichen Sinne des Wortes ein Teil der Pflanzengeschichte.

Die Cykadeen, welche der Zahl der Arten nach in der Vorwelt eine weit wichtigere Rolle als in der jetzigen spielten, begleiten die ihnen verwandten Koniferen von dem Steinkohlengebilde aufwärts. Sie fehlen fast gänzlich in der Epoche des bunten Sandsteins, in welchen Koniferen von seltener Bildung

(Voltzia, Haidingera, Albertia) üppig wachsen; die Cykadeen erlangen aber ihr Maximum in den Keuperschichten und dem Lias, wo an 20 verschiedene Formen auftreten. In der Kreide herrschen Meerespflanzen und Najaden. Die Cykadeenwälder der Juraformation sind dann längst erschöpft, und selbst in den älteren Tertiärgebilden bleiben sie tief hinter den Koniferen und Palmen zurück.[195]

Die Lignite oder Braunkohlenschichten, die in allen Abteilungen der Tertiärperiode vorhanden sind, zeigen in den frühesten kryptogamische Landpflanzen, einige Palmen, viel Koniferen mit deutlichen Jahresringen, und Laubhölzer von mehr oder minder tropischem Charakter. In der mittleren tertiären Periode bemerkt man das völlige Zurücktreten der Palmen und Cykadeen, in der letzten endlich eine große Aehnlichkeit mit der gegenwärtigen Flora. Es erscheinen plötzlich und in Fülle unsere Fichten und Tannen, unsere Kupuliferen, Ahorn und Pappeln. Die Dikotylenstämme der Braunkohle zeichnen sich bisweilen durch riesenmäßige Dicke und hohes Alter aus. Bei Bonn wurde ein Stamm gefunden, in dem Nöggerath 792 Jahresringe zählte. Im nördlichen Frankreich bei Yseux (unsern Abbeville) sind im Torfmoor der Somme Eichen von 14 Fuß (4,55 m) Durchmesser entdeckt, eine Dicke, die im alten Kontinent außerhalb der Wendekreise sehr auffallend ist. Nach Göpperts gründlichen Untersuchungen, welche hoffentlich bald durch Kupfertafeln erläutert erscheinen werden, „kommt aller baltische Bernstein von einer Konifere, die, wie die vorhandenen Reste des Holzes und der Rinde in verschiedenen Alterszuständen beweisen, unserer Weiß- und Rottanne am nächsten kam, aber eine eigene Art bildete. Der Bernsteinbaum der Vorwelt (Pinites succifer) hatte einen Harzreichtum, welcher mit dem keiner Konifere der Jetztwelt zu vergleichen ist, da nicht bloß in und auf der Rinde, sondern auch im Holze nach dem Verlauf der Markstrahlen, die, wie die Holzzellen, unter dem Mikroskope noch deutlich zu erkennen sind, wie peripherisch zwischen den Holzringen große Massen Bernsteinharz, bisweilen weißer und gelber Farbe zugleich, abgelagert sind. Unter den im Bernstein eingeschlossenen Vegetabilien finden sich männliche und weibliche Blüten von heimischem Nadelholz und Kupuliferen; aber deutliche Fragmente von Thuja, Cupressus, Ephedera und Castania vesca, mit Wacholder und Tannen gemengt, deuten auf eine Vegetation, welche nicht die unserer Ostseeküsten und der baltischen Ebene ist".

In dem geologischen Teile des Naturgemäldes sind wir nun die ganze Reihe der Bildungen von dem ältesten Eruptionsgestein und den ältesten Sedimentbildungen an bis zu dem Schuttlande durchlaufen, auf welchem die großen Felsblöcke liegen, über deren Verbreitungsursache noch lange gestritten werden wird, die wir aber geneigt sind, minder tragenden Eisschollen als dem Durchbruch und Herabsturz zurückgehaltener Wassermassen bei Hebung der Gebirgsketten zuzuschreiben.[196] Das älteste Gebilde der Transitionsformation, das wir kennen gelernt, sind Schiefer und Grauwacke, welche einige Reste von Seetang einschließen aus dem Silurischen, einst Kambrischen Meere. Worauf ruhte dies sogenannte älteste Gebilde, wenn Gneis und Glimmerschiefer nur als umgewandelte Sedimentschichten betrachtet werden müssen? Soll man eine Vermutung wagen über das, was nicht Gegenstand einer wirklichen geognostischen Beobachtung sein kann? Nach einer indischen Urmythe trägt ein Elefant die Erde; er selbst, damit er nicht falle, wird wiederum von einer Riesenschildkröte getragen. Worauf die Schildkröte ruhe, ist den gläubigen Brahminen nicht zu fragen erlaubt. Wir wagen uns hier an ein ähnliches Problem, wenn auch mannigfaltigen Tadels der Lösung gewärtig. Bei der ersten Bildung der Planeten, wie wir sie in dem astronomischen Teile des Naturgemäldes wahrscheinlich gemacht, wurden dunstförmige, um die Sonne zirkulierende Ringe in Kugeln geballt, die von außen nach innen allmählich erstarrten. Was wir die älteren silurischen Schichten nennen, sind nur obere Teile der festen Erdrinde. Das Eruptionsgestein, das wir diese durchbrechen und heben sehen, steigt aus uns unzulänglicher Tiefe empor; es existiert demnach schon unter den silurischen Schichten, aus derselben Association von Mineralien zusammengesetzt, die wir als Gebirgsarten, da, wo sie durch den Ausbruch uns sichtbar werden, Granit, Augitfels oder Quarzporphyr nennen. Auf Analogieen gestützt, dürfen wir annehmen, daß das, was weite Spalten gleichsam gangartig ausfüllt und die Sedimentschichten durchbricht, nur Zweige eines unteren Lagers sind. Aus den größten Tiefen wirken die noch thätigen Vulkane, und nach den seltenen Fragmenten zu urteilen, die ich in sehr verschiedenen Erdstrichen in den Lavaströmen habe eingeschlossen gefunden, halte auch ich es für mehr als wahrscheinlich, daß ein uranfängliches Granitgestein die Unterlage des großen, mit so vielen organischen Resten angefüllten Schichtenbaues

sei. Wenn olivinführende Basalte sich erst in der Kreideepoche, Trachyte noch später sich zeigen, so gehören die Ausbrüche des Granits dagegen, wie auch die Produkte der Metamorphose es lehren, in die Epoche der ältesten Sedimentschichten der Transitionsformation. Wo die Erkenntnis nicht aus der unmittelbaren Sinnesanschauung erwachsen kann, ist es wohl erlaubt, auch nach bloßer Induktion, wie nach sorgfältiger Vergleichung der Thatsachen eine Vermutung aufzustellen, die dem alten Granit einen Teil der bedrohten Rechte und den Ruhm der Uranfänglichkeit wiedergibt.

Die neueren Fortschritte der Geognosie, d. i. die erweiterte Kenntnis von den geognostischen Epochen, welche durch die mineralogische Verschiedenheit der Gebirgsformationen, durch die Eigentümlichkeit und Reihenfolge der Organismen, die sie enthalten, durch die Lagerung (Aufrichtung oder ungestörte Horizontalität der Schichten) charakterisiert werden, leiten uns, dem inneren Kausalzusammenhang der Erscheinungen folgend, auf die räumliche Verteilung der Feste und des Flüssigen: der Kontinente und der Meere, welche die Oberfläche unseres Planeten bilden. Wir deuten hier auf einen Verbindungspunkt zwischen der erdgeschichtlichen und der geographischen Geognosie, auf die Totalbetrachtung der Gestalt und Gliederung der Kontinente. Die Umgrenzung des Starren durch das Flüssige, das Arealverhältnis des einen zum anderen ist sehr verschieden gewesen in der langen Reihenfolge der geognostischen Epochen: je nachdem Steinkohlenschichten sich horizontal an die aufgerichteten Schichten von Bergkalk und altem roten Sandstein, Lias und Jura sich an das Gestade von Keuper und Muschelkalk, Kreide sich an die Abhänge von Grünsand und Jurakalk sedimentarisch angelehnt haben. Nennt man nun mit Elie de Beaumont Jura- und Kreidemeere die Wasser, unter denen sich Jurakalk und Kreide schlammartig niederschlagen, so bezeichnen die Umrisse der eben genannten Formationen für zwei Epochen die Grenze zwischen dem noch steinbildenden Ozean und der schon trockengelegten Feste. Man hat den sinnreichen Gedanken gehabt, Karten für den physischen Teil der alten Geographie zu entwerfen: Karten, die vielleicht sicherer sind als die der Wanderungen der Jo oder der Homerischen Geographie. Die letzteren stellen Meinungen, mythische Gebilde graphisch dar, die ersteren Thatsachen der positiven Formationslehre.

Das Resultat der Untersuchungen über die Raumverhältnisse des trockenen Areals ist: daß in den frühesten Zeiten, in der silurischen und devonischen Transitionsepoche, wie in der ersten Flözzeit, über die Trias hinaus, der kontinentale, mit Landpflanzen bedeckte Boden auf einzelne Inseln beschränkt war; daß diese Inseln sich in späteren Epochen miteinander vereinigten und längs tief eingeschnittener Meerbusen viele Landseen umschlossen; daß endlich, als die Gebirgsketten der Pyrenäen, der Apenninen und die Karpathen emporstiegen, also gegen die Zeit der älteren Tertiärschichten, große Kontinente fast schon in ihrer jetzigen Größe erschienen. In der Welt, wie in der Epoche der Cykadeenfülle und riesenartiger Saurier mochte, von Pol zu Pol, des trockenen Landes wohl weniger sein als zu unserer Zeit in der Südsee und in dem Indischen Meere. Wie diese überwiegende Wassermenge in Gemeinschaft mit anderen Ursachen zur Erhöhung der Temperatur und zu größerer Gleichmäßigkeit der Klimate beigetragen hat, wird später entwickelt werden. Hier muß nur noch in der Betrachtung der allmählichen Vergrößerung (Agglutination) der gehobenen trockenen Erdstriche bemerkt werden, daß kurz vor den Umwälzungen,[197] welche, nach kürzeren oder längeren Pausen, in der Diluvialperiode den plötzlichen Untergang so vieler riesenartiger Wirbeltiere herbeigeführt haben, ein Teil der jetzigen Kontinentalmassen doch schon vollkommen voneinander getrennt waren. Es herrscht in Südamerika und in den Australländern eine große Aehnlichkeit zwischen den dort lebenden und den untergegangenen Tieren. In Neuholland hat man fossile Reste vom Känguruh, in Neuseeland halbfossile Knochen eines ungeheuren straußartigen Vogels, Owens Dinornis, entdeckt, welcher nahe mit der jetzigen Apteryx, wenig aber mit dem erst spät untergegangenen Dronte (Dodo) von der Insel Rodriguez verwandt ist.

Die derzeitige Gestaltung der Kontinente verdankt vielleicht großenteils ihre Hebung über dem umgebenden Wasserspiegel der Eruption der Quarzporphyre: einer Eruption, welche die erste große Landflora, das Material des Steinkohlengebirges, so gewaltsam erschüttert hat. Was wir Flachland der Kontinente nennen, sind aber nur die breiten Rücken von Hügeln und Gebirgen, deren Fuß in dem Meeresboden liegt. Jedes Flachland ist nach seinen submarinischen Verhältnissen eine Hochebene, deren Unebenheiten durch neue Sediment-

formationen, in horizontaler Lage abgesetzt, wie durch angeschwemmtes Schuttland verdeckt werden.

Unter den allgemeinen Betrachtungen, die in ein Naturgemälde gehören, nimmt den ersten Rang ein die Quantität der über dem Meeresspiegel hervorragenden und gehobenen Feste; dieser Bestimmung des räumlichen Maßes folgt dann die Betrachtung der individuellen Gestaltung in horizontaler Ausdehnung (Gliederungsverhältnisse) oder in senkrechter Erhebung (hypsometrische Verhältnisse der Gebirgsketten). Unser Planet hat zwei Umhüllungen: eine allgemeine, den Luftkreis, als elastische Flüssigkeit, und eine partikuläre, nur lokal verbreitete, die Feste umgrenzende und dadurch ihre Figur bedingende, das Meer. Beide Umhüllungen des Planeten, Luft und Meer, bilden ein Naturganzes, welches der Erdoberfläche die Verschiedenheit der Klimate gibt: nach Maßgabe der relativen Ausdehnung von Meer und Land, der Gliederung und Orientierung der Feste, der Richtung und Höhe der Gebirgsketten. Aus dieser Kenntnis der gegenseitigen Einwirkung von Luft, Meer und Land ergibt sich, daß große meteorologische Phänomene, von geognostischen Betrachtungen getrennt, nicht verstanden werden können. Die Meteorologie, wie die Geographie der Pflanzen und Tiere haben erst begonnen, einige Fortschritte zu machen, seitdem man sich von der gegenseitigen Abhängigkeit der zu ergründenden Erscheinungen überzeugt hat. Das Wort Klima bezeichnet allerdings zuerst eine spezifische Beschaffenheit des Luftkreises, aber diese Beschaffenheit ist abhängig von dem perpetuierlichen Zusammenwirken einer all- und tiefbewegten, durch Strömungen von ganz entgegengesetzter Temperatur durchfurchten Meeresfläche mit der wärmestrahlenden trockenen Erde, die mannigfaltig gegliedert, erhöht, gefärbt, nackt oder mit Wald und Kräutern bedeckt ist.

In dem jetzigen Zustande der Oberfläche unseres Planeten verhält sich das Areal der Feste zu dem des Flüssigen wie 1 zu $2^4/_5$ (nach Rigaud wie 100 : 270). Die Inseln bilden dermalen kaum $^1/_{23}$ der Kontinentalmassen. Letztere sind so ungleich verteilt, daß sie auf der nördlichen Halbkugel dreimal so viel Land darbieten als auf der südlichen. Die südliche Hemisphäre ist also recht eigentlich vorherrschend ozeanisch. Von 40° südlicher Breite an gegen den antarktischen Pol hin ist die Erdrinde fast ganz mit Wasser bedeckt. Ebenso vorherrschend und nur von sparsamen Inselgruppen

unterbrochen ist das flüssige Element zwischen der Ostküste der Alten und der Westküste der Neuen Welt. Der gelehrte Hydrograph Fleurieu hat dieses weite Meerbecken mit Recht zum Unterschiede aller anderen Meere den Großen Ozean genannt. Es nimmt derselbe unter den Wendekreisen einen Raum von 145 Längengraden ein. Die südliche und westliche Hemisphäre (westlich vom Meridian von Teneriffa aus gerechnet) sind also die wasserreichsten Regionen der ganzen Erdoberfläche.

Dies sind die Hauptmomente der Betrachtung über die relative Quantität des Festlandes und der Meere: ein Verhältnis, das auf die Verteilung der Temperatur, den veränderten Luftdruck, die Windesrichtung und den, die Vegetationskraft wesentlich bestimmenden Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre so mächtig einwirkt. Wenn man bedenkt, daß fast $^{3}/_{4}$ der Oberfläche[198] des Planeten mit Wasser bedeckt sind, so ist man minder verwundert über den unvollkommenen Zustand der Meteorologie bis zu dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts: einer Epoche, in welcher zuerst eine beträchtliche Masse genauer Beobachtungen über die Temperatur des Meeres unter verschiedenen Breiten und in verschiedenen Jahreszeiten erlangt und numerisch miteinander verglichen wurden.

Die horizontale Gestaltung des Festlandes in seinen allgemeinsten Verhältnissen der Ausdehnung ist schon in frühen Zeiten des griechischen Altertums ein Gegenstand sinnreicher Betrachtungen gewesen. Man suchte das Maximum der Ausdehnung von Westen nach Osten, und Dicäarchus nach dem Zeugnis des Agathemerus fand es in der Breite von Rhodos, in der Richtung von den Säulen des Herkules bis Thinä. Das ist die Linie, welche man den Parallel des Diaphragma des Dicäarchus nannte, und über deren astronomische Richtigkeit der Lage, die ich an einem anderen Orte untersucht, man mit Recht erstaunen muß. Strabo, wahrscheinlich durch Eratosthenes geleitet, scheint so überzeugt gewesen zu sein, daß dieser Parallel von 36°, als Maximum der Ausdehnung in der ihm bekannten Welt, einen inneren Grund der Erdgestaltung habe, daß er das Festland, welches er prophetisch in der nördlichen Halbkugel zwischen Iberien und der Küste von Thinä vermutete, ebenfalls unter diesem Breitengrade verkündigte.

Wenn, wie wir schon oben bemerkt, auf der einen Halbkugel der Erde (man mag dieselbe durch den Aequator oder

durch den Meridian von Teneriffa halbieren) beträchtlich mehr Land sich über den Meeresspiegel erhoben hat als auf der entgegengesetzten, so haben die beiden großen Ländermassen, wahre vom Ozean auf allen Seiten umgebene Inseln, welche wir die östliche und westliche Feste, den alten und neuen Kontinent nennen, neben dem auffallendsten Kontraste der Totalgestaltung oder vielmehr der Orientierung ihrer größten Achsen doch im einzelnen manche Aehnlichkeit der Konfiguration, besonders der räumlichen Beziehungen zwischen den einander gegenüberstehenden Küsten. In der östlichen Feste ist die vorherrschende Richtung, die Lage der langen Achse, von Osten gegen Westen (bestimmter von Südwest gegen Nordost), in der westlichen Feste aber von Süden nach Norden, meridianartig (bestimmter von SSO nach NNW). Beide Ländermassen sind im Norden in der Richtung eines Breitenparallels (meist in dem von 70°) abgeschnitten; im Süden laufen sie in pyramidale Spitzen aus, meist mit submaritimer Verlängerung in Inseln und Bänken. Dies bezeugen der Archipel der Tierra del Fuego, die Lagulhasbank südlich vom Vorgebirge der guten Hoffnung, Vandiemensland, durch die Baßstraße von Neuholland (Australien) getrennt. Das nördliche asiatische Gestade übersteigt im Kap Taimyr (78° 16′ nach Krusenstern) den oben genannten Parallel, während es von der Mündung des großen Tschukotschjaflusses an östlich gegen die Beringsstraße hin im östlichsten Vorgebirge Asiens, in Cooks Ostkap, nur 66° 3′ nach Beechey erreicht.[198] Das nördliche Ufer des neuen Kontinents folgt ziemlich genau dem Parallelkreis von 70°, da südlich und nördlich von der Barrowstraße, von Boothia Felix und Viktorialand alles Land nur abgesonderte Inseln sind.

Die pyramidale Gestaltung aller südlichen Endspitzen der Kontinente gehört unter die similitudines physicae in configuratione Mundi, auf welche schon Baco von Verulam im Neuen Organon aufmerksam machte und an die Cooks Begleiter auf der zweiten Weltumsegelung, Reinhold Forster, scharfsinnige Betrachtungen geknüpft hat. Wenn man von dem Meridian von Teneriffa sich gegen Osten wendet, so sieht man die Endspitzen der drei Kontinente, nämlich die Südspitzen von Afrika (als dem Extrem der ganzen Alten Welt), von Australien und von Südamerika, stufenweise sich dem Südpol mehr nähern. Das volle 12 Breitengrade lange Neuseeland bildet sehr regelmäßig ein Zwischenglied zwischen

Australien und Südamerika, ebenfalls mit einer Insel (Neuleinster) endigend. Eine merkwürdige Erscheinung ist noch, daß fast ganz unter denselben Meridianen, unter welchen in der Ländermasse des alten Kontinents sich die größte Ausdehnung gegen Süden zeigt, auch die nördlichen Gestade am höchsten gegen den Nordpol vordringen. Dies ergibt sich aus der Vergleichung des Vorgebirges der guten Hoffnung und der Bank Lagulhas mit dem europäischen Nordkap, der Halbinsel Malakka mit dem sibirischen Kap Taimyr.[200] Ob festes Land die beiden Erdpole umgürtet, oder ob die Pole nur von einem Eismeere umflossen, mit Flözlagen von Eis (erstarrtem Wasser) bedeckt sind, wissen wir nicht. An dem Nordpol ist man bis 82° 55′ Breite, an dem Südpol nur bis zu dem Parallel von 78° 10′ gelangt.[201]

So wie die großen Ländermassen pyramidal enden, so wiederholt sich diese Gestaltung auch mannigfaltig im kleinen: nicht bloß im Indischen Ozean (Halbinseln von Arabien, Hindostan und Malakka), sondern auch, wie schon Eratosthenes und Polybius bemerkten, im Mittelmeer, wo sie die iberische, italische und hellenische miteinander sinnig verglichen haben. Europa, mit einem Areal fünfmal kleiner als das von Asien, ist gleichsam nur eine westliche vielgegliederte Halbinsel des asiatischen, fast ungegliederten Weltteils; auch beweisen die klimatischen Verhältnisse Europas, daß es sich zu Asien verhält wie die peninsulare Bretagne zum übrigen Frankreich.[202] Wie die Gliederung eines Kontinents, die höhere Entwickelung seiner Form zugleich auf die Gesittung und den ganzen Kulturzustand der Völker wirkt, bemerkt schon Strabo, indem er unseres kleinen Weltteils „vielgestaltete Form" als einen besonderen Vorzug preist. Afrika[203] und Südamerika, die ohnedies so viel Aehnlichkeit in ihrer Konfiguration zeigen, sind unter allen großen Ländermassen diejenigen, welche die einfachste Küstenform haben. Nur das östliche Litorale von Asien bietet, wie von der östlichen Meeresströmung zertrümmert (fractas ex aequore terras), eine mannigfaltige, gestaltenreiche Form dar. Halbinseln und nahe Eilande wechseln dort miteinander vom Aequator an bis 60° Breite.

Unser Atlantischer Ozean trägt alle Spuren einer Thalbildung. Es ist als hätten flutende Wasser den Stoß erst gegen Nordost, dann gegen Nordwest, und dann wiederum nordöstlich gerichtet. Der Parallelismus der Küsten nördlich von 10° südl. Breite an, die vor- und einspringenden Winkel,

die Konvexität von Brasilien dem Golf von Guinea gegenüber, die Konvexität von Afrika unter einerlei Breiten mit dem antillischen Meerbusen sprechen für diese gewagt scheinende Ansicht. Hier im atlantischen Thale, wie fast überall in der Gestaltung großer Ländermassen, stehen eingeschnittene und inselreiche Ufer den uneingeschnittenen entgegen. Ich habe längst darauf aufmerksam gemacht, wie geognostisch denkwürdig auch die Vergleichung der Westküsten von Afrika und Südamerika in der Tropenzone sei. Die busenförmige Einbeugung des afrikanischen Gestades bei Fernando Po (4½° nördlicher Breite) wiederholt sich in dem Südseegestade unter 18¼° südlicher Breite in dem Wendepunkt bei Arica, wo (zwischen dem Valle de Arica und dem Morro de Juan Diaz) die peruanische Küste plötzlich ihre Richtung von Süden nach Norden in eine nordwestliche verwandelt. Diese Veränderung der Richtung erstreckt sich in gleichem Maße auf die, in zwei Parallelzüge geteilte, hohe Andeskette: nicht bloß auf die dem Litorale[204] nahe, sondern auch auf die östliche: den frühesten Sitz menschlicher Kultur im südamerikanischen Hochlande, wo das kleine Alpenmeer von Titicaca von den Bergkolossen des Sorata und Illimani begrenzt wird. Weiter gegen Süden, von Valdivia und Chiloe an (40° bis 42° südl. Breite) durch den Archipel de los Chonos bis zum Feuerlande, findet sich die seltene Fjordbildung wiederholt (das Gewirre schmaler, tief eindringender Busen), welche in der nördlichen Hemisphäre die Westküsten von Norwegen und Schottland charakterisiert.

Dies sind die allgemeinsten Betrachtungen über die dermalige Gestaltung der Kontinente (die Ausdehnung des Festlandes in horizontaler Richtung), wie sie der Anblick der Oberfläche unseres Planeten veranlaßt. Wir haben hier Thatsachen zusammengestellt, Analogieen der Form in entfernten Erdstrichen, die wir nicht Gesetze der Form zu nennen wagen. Wenn man an dem Abhange eines noch thätigen Vulkans, z. B. am Vesuv, die nicht ungewöhnliche Erscheinung partieller Hebungen beachtet, in denen kleine Teile des Bodens, vor einem Ausbruch oder während desselben, ihr Niveau um mehrere Fuß bleibend verändern und dachförmige Gräten oder flache Erhöhungen bilden, so erkennt der Wanderer, wie von geringfügigen Zufällen der Kraftintensität unterirdischer Dämpfe und der Größe des zu überwindenden Widerstandes es abhangen muß, daß die gehobenen Teile diese oder jene Form

und Richtung annehmen. Ebenso mögen geringe Störungen des Gleichgewichts im Inneren des Planeten die hebenden elastischen Kräfte bestimmt haben, mehr gegen die nördliche als gegen die südliche Erdhälfte zu wirken, das Festland in der östlichen Erdhälfte als eine breite zusammenhängende Masse mit der Hauptachse fast dem Aequator parallel, in der westlichen, mehr ozeanischen Hälfte schmal und meridianartig aufzutreiben.

Ueber den Kausalzusammenhang solcher großen Begebenheiten der Länderbildung, der Aehnlichkeit und des Kontrastes in der Gestaltung, ist wenig empirisch zu ergründen. Wir erkennen nur das eine: daß die wirkende Ursache unterirdisch ist, daß die jetzige Länderform nicht auf einmal entstanden, sondern, wie wir schon oben bemerkt, von der Epoche der silurischen Formation (neptunischen Abscheidung) bis zu den Tertiärschichten nach mannigfaltigen oszillierenden Hebungen und Senkungen des Bodens sich allmählich vergrößert hat und aus einzelnen kleineren Kontinenten zusammengeschmolzen ist. Die dermalige Gestaltung ist das Produkt zweier Ursachen, die aufeinander folgend gewirkt haben: einmal einer unterirdischen Kraftäußerung, deren Maß und Richtung wir zufällig nennen, weil wir sie nicht zu bestimmen vermögen, weil sie sich für unseren Verstand dem Kreise der Notwendigkeit entziehen; zweitens der auf der Oberfläche wirkenden Potenzen, unter denen vulkanische Ausbrüche, Erdbeben, Entstehung von Bergketten und Meeresströmungen die Hauptrolle gespielt haben. Wie ganz anders würde der Temperaturzustand der Erde, und mit ihm der Zustand der Vegetation, des Ackerbaues und der menschlichen Gesellschaft sein, wenn die Hauptachse des neuen Kontinents einerlei Richtung mit der des alten hätte; wenn die Andeskette, statt meridianartig, von Osten nach Westen aufgestiegen wäre; wenn südlich von Europa kein festes, wärmestrahlendes Tropenland (Afrika) läge; wenn das Mittelmeer, das einst mit dem Kaspischen und Roten Meere zusammenhing und ein so wesentliches Beförderungsmittel der Völkergesittung geworden ist, nicht existierte; wenn sein Boden zu gleicher Höhe mit der lombardischen und tyrenaischen Ebene gehoben worden wäre!

Die Veränderungen des gegenseitigen Höhenverhältnisses der flüssigen und starren Teile der Erdoberfläche (Veränderungen, welche zugleich die Umrisse der Kontinente bestimmen, mehr niedriges Land trocken legen oder dasselbe überfluten)

sind mannigfaltigen, ungleichzeitig wirkenden Ursachen zuzuschreiben. Die mächtigsten sind unstreitig gewesen: die Kraft der elastischen Dämpfe, welche das Innere der Erde einschließt; die plötzliche Temperaturveränderung[207] mächtiger Gebirgsschichten; der ungleiche säkulare Wärmeverlust der Erdrinde und des Erdkernes, welcher eine Faltung (Runzelung) der starren Oberfläche bewirkt; örtliche Modifikationen der Anziehungskraft[208] und durch dieselben hervorgebrachte veränderte Krümmung einer Portion des flüssigen Elementes. Daß die Hebung der Kontinente eine wirkliche Hebung, nicht bloß eine scheinbare, der Gestalt der Oberfläche des Meeres zugehörige sei, scheint, nach einer jetzt allgemein verbreiteten Ansicht der Geognosten, aus der langen Beobachtung zusammenhängender Thatsachen, wie aus der Analogie wichtiger vulkanischer Erscheinungen zu folgen.[209] Auch das Verdienst dieser Ansicht gehört Leopold von Buch, der sie in seiner denkwürdigen, in den Jahren 1806 und 1807 vollbrachten Reise durch Norwegen und Schweden[210] aussprach, wodurch sie zuerst in die Wissenschaft eingeführt ward. Während die ganze schwedische und finnländische Küste von der Grenze des nördlichen Schonens (Sölvitsborg) über Gefle bis Torneå, und von Torneå bis Åbo sich hebt (in einem Jahrhundert bis 4 Fuß = 1,30 m), sinkt nach Nilson das südliche Schweden.[211] Das Maximum der hebenden Kraft scheint im nördlichen Lappland zu liegen. Die Hebung nimmt gegen Süden bis Kalmar und Sölvitsborg allmählich ab. Linien des alten Meeresniveaus aus vorhistorischen Zeiten sind in ganz Norwegen vom Kap Lindesnäs bis zum äußersten Nordkap durch Muschelbänke des jetzigen Meeres bezeichnet und neuerlichst von Bravais während des langen winterlichen Aufenthaltes in Bosekop auf das genaueste gemessen worden.[212] Sie liegen bis 600 Fuß (195 m) hoch über dem jetzigen mittleren Meeresstande, und erscheinen nach Keilhau und Eugen Robert auch dem Nordkap gegenüber (in NNW) an den Küsten von Spitzbergen. Leopold von Buch, der am frühesten auf die hohe Muschelbank bei Tromsoe (Breite 69° 40′) aufmerksam gemacht, hat aber schon gezeigt, daß die älteren Hebungen am nordischen Meere zu einer anderen Klasse von Erscheinungen gehören als das sanfte (nicht plötzliche oder ruckweise) Aufsteigen des schwedischen Litorale im Bottnischen Meerbusen. Die letztere, durch sichere historische Zeugnisse wohl bewährte Erscheinung darf ebenfalls nicht mit der

Niveauveränderung des Bodens bei Erdbeben (wie an den Küsten von Chile und Cutsch) verwechselt werden. Sie hat ganz neuerlich zu ähnlichen Beobachtungen in anderen Ländern Veranlassung gegeben. Dem Aufsteigen entspricht bisweilen als Folge der Faltung der Erdschichten ein bemerkbares Sinken: so in West-Grönland (nach Pingel und Graah), in Dalmatien und in Schonen.

Wenn man es für überaus wahrscheinlich hält, daß im Jugendalter unseres Planeten die oszillierenden Bewegungen des Bodens die Hebung und Senkung der Oberfläche intensiver als jetzt waren,[211] so darf man weniger erstaunt sein, im Inneren der Kontinente selbst noch einzelne Teile der Erdoberfläche zu finden, welche tiefer als der dermalige, überall gleiche Meeresspiegel liegen. Beispiele dieser Art bieten dar die vom General Andreossy beschriebenen Natronseen, die kleinen bitteren Seen auf der Landenge von Suez, das Kaspische Meer, der See Tiberias und vor allem das Tote Meer.[212] Das Niveau der Wasser in den beiden letzten Seen ist 625 und 1230 Fuß (207 und 400 m) niedriger als der Wasserspiegel des Mittelländischen Meeres. Wenn man das Schuttland, welches die Steinschichten in so vielen ebenen Gegenden der Erde bedeckt, plötzlich wegnehmen könnte, so würde sich offenbaren, wie viele Teile der felsigen Erdoberfläche auch dermalen tiefer liegen als der jetzige Wasserspiegel. Das periodische, wenngleich unregelmäßig wechselnde Steigen und Fallen der Wasser des Kaspischen Meeres, wovon ich selbst in dem nördlichen Teile dieses Beckens deutliche Spuren gesehen, scheint zu beweisen,[213] wie die Beobachtungen von Darwin in den Korallenmeeren, daß, ohne eigentliches Erdbeben, der Erdboden noch jetzt derselben sanften und fortschreitenden Oszillationen fähig ist, welche in der Urzeit, als die Dicke der schon erharteten Erdrinde geringer war, sehr allgemein gewesen sind.

Die Erscheinungen, auf welche wir hier die Aufmerksamkeit heften, mahnen an die Unbeständigkeit der gegenwärtigen Ordnung der Dinge, an die Veränderungen, denen nach langen Zeitintervallen der Umriß und die Gestaltung der Kontinente sehr wahrscheinlich unterworfen sind. Was für die nächsten Menschenalter kaum bemerkbar ist, häuft sich in Perioden an, von deren Länge uns die Bewegung ferner Himmelskörper das Maß gibt. Seit 8000 Jahren ist vielleicht das östliche Ufer der skandinavischen Halbinsel um 320 Fuß (104 m)

gestiegen; in 12000 Jahren werden, wenn die Bewegung gleichmäßig ist, Teile des Meerbodens, welche dem Ufer der Halbinsel nahe liegen und heute noch mit einer Wasserschicht von beinahe 50 Brassen Dicke bedeckt sind, an die Oberfläche kommen und anfangen trocken zu liegen. Was ist aber die Kürze dieser Zeiten gegen die Länge der geognostischen Perioden, welche die Schichtenfolge der Formationen und die Scharen untergegangener, ganz verschiedenartiger Organismen uns offenbaren! Wie wir hier nur das Phänomen der Hebung betrachten, so können wir, auf die Analogieen beobachteter Thatsachen gestützt, in gleichem Maße auch die Möglichkeit des Sinkens, der Depression ganzer Landstriche annehmen. Die mittlere Höhe des nicht gebirgigen Teils von Frankreich beträgt noch nicht volle 480 Fuß (156 m). Mit älteren geognostischen Perioden verglichen, in denen größere Veränderungen im Inneren des Erdkörpers vorgingen, gehört also eben nicht eine sehr lange Zeit dazu, um sich beträchtliche Teile vom nordwestlichen Europa bleibend überschwemmt, in ihren Litoralumrissen wesentlich anders gestaltet zu denken, als sie es dermalen sind.

Sinken und Steigen des Festen oder des Flüssigen — in ihrem einseitigen Wirken so entgegengesetzt, daß das Steigen des einen das scheinbare Sinken des anderen hervorruft — sind die Ursache aller Gestaltveränderungen der Kontinente. In einem allgemeinen Naturgemälde, bei einer freien, nicht einseitigen Begründung der Erscheinungen in der Natur muß daher wenigstens auch der Möglichkeit einer Wasserverminderung, eines wirklichen Sinkens des Meeresspiegels Erwähnung geschehen. Daß bei der ehemaligen erhöhten Temperatur der Erdoberfläche, bei der größeren, wasserverschluckenden Zerklüftung derselben, bei einer ganz anderen Beschaffenheit der Atmosphäre einst große Veränderungen im Niveau der Meere stattgefunden haben, welche von der Zu- oder Abnahme des Tropfbarflüssigen auf der Erde abhingen: ist wohl keinem Zweifel unterworfen. In dem dermaligen Zustande unseres Planeten fehlt es aber bisher gänzlich an direkten Beweisen für eine reelle, fortdauernde Ab- oder Zunahme des Meeres, es fehlt auch an Beweisen für allmähliche Veränderungen der mittleren Barometerhöhe im Niveau der Meere an denselben Beobachtungspunkten. Nach Daussys und Antonio Nobiles Erfahrungen würde Vermehrung der Barometerhöhe ohnedies von selbst eine Erniedrigung des Wasserspiegels hervorbringen.

Da aber der mittlere Druck der Atmosphäre im Niveau des Ozeans aus meteorologischen Ursachen der Windesrichtung und Feuchtigkeit nicht unter allen Breiten derselbe ist, so würde das Barometer allein nicht einen sicheren Zeugen der Niveauveränderung des Tropfbarflüssigen abgeben. Die denkwürdigen Erfahrungen, nach denen im Anfange dieses Jahrhunderts wiederholt einige Häfen des Mittelmeeres viele Stunden lang ganz trocken lagen, scheinen zu beweisen, daß in ihrer Richtung und Stärke veränderte Meeresströmungen, ohne wirkliche Wasserverminderung, ohne eine allgemeine Depression des ganzen Ozeans, ein örtliches Zurücktreten des Meeres und ein permanentes Trockenlegen von einem kleinen Teile des Litorale veranlassen können. Bei den Kenntnissen, die wir neuerlichst von diesen verwickelten Erscheinungen erlangt haben, muß man sehr vorsichtig in ihrer Deutung sein, da leicht einem der „alten Elemente", dem Wasser, zugeschrieben wird, was zwei anderen, der Erde oder der Luft, angehört.

Wie die Gestaltung der Kontinente, die wir bisher in ihrer horizontalen Ausdehnung geschildert haben, durch äußere Gliederung, d. i. vielfach eingeschnittene Küstenumrisse, einen wohlthätigen Einfluß auf das Klima, den Handel und die Fortschritte der Kultur ausübt, so gibt es auch eine Art der inneren Gliederung durch senkrechte Erhebung des Bodens (Bergzüge und Hochebenen), welche nicht minder wichtige Folgen hat. Alles, was auf der Oberfläche des Planeten, dem Wohnsitze des Menschengeschlechtes, Abwechselung der Formen und Vielgestaltung (Polymorphie) erzeugt (neben den Bergketten große Seen, Grassteppen, selbst Wüsten, von Waldgegenden küstenartig umgeben), prägt dem Völkerleben einen eigentümlichen Charakter ein. Schneebedeckte Hochmassen hindern den Verkehr; aber ein Gemisch von niedrigeren abgesonderten Gebirgsgliedern und Tiefländern, wie so glücklich sie das westliche und südliche Europa darbietet, vervielfältigt die meteorologischen Prozesse, wie die Produkte des Pflanzenreichs, es erzeugt auch, weil dann jedem Erdstrich, selbst unter denselben Breitengraden, andere Kulturen angehören, Bedürfnisse, deren Befriedigung die Thätigkeit der Einwohner anregt. So haben die furchtbaren Umwälzungen, welche infolge einer Wirkung des Inneren gegen das Aeußere durch plötzliches Aufrichten eines Teils der oxydierten Erdrinde das Emporsteigen mächtiger Gebirgsketten veranlaßten, dazu gedient, nach Wiederherstellung der Ruhe, nach dem Wieder

erwachen schlummernder Organismen den Festen beider Erdhälften einen schönen Reichtum individueller Bildungen zu verleihen, ihnen wenigstens dem größeren Teile nach die öde Einförmigkeit zu nehmen, welche verarmend auf die physischen und intellektuellen Kräfte der Menschheit einwirkt.

Jedem Systeme dieser Bergketten ist nach den großartigen Ansichten von Elie de Beaumont ein relatives Alter angewiesen, so daß das Aufsteigen der Bergkette notwendig zwischen die Ablagerungszeiten der aufgerichteten und der bis zum Fuß der Berge sich horizontal erstreckenden Schichten fallen muß. Die Faltungen der Erdrinde (Aufrichtungen der Schichten), welche von gleichem geognostischem Alter sind, scheinen sich dazu einer und derselben Richtung anzuschließen. Die Streichungslinie der aufgerichteten Schichten ist nicht immer der Achse der Ketten parallel, sondern durchschneidet bisweilen dieselbe, so daß dann, meiner Ansicht nach, das Phänomen der Aufrichtung der Schichten, die man selbst in der angrenzenden Ebene wiederholt findet, älter sein muß als die Hebung der Kette. Die Hauptrichtung des ganzen Festlandes von Europa (Südwest gegen Nordost) ist den großen Erdspalten entgegengesetzt, welche sich (Nordwest gegen Südost) von den Mündungen des Rheins und der Elbe durch das Adriatische und Rote Meer, wie durch das Bergsystem des Puschti-Kuh in Luristan nach dem Persischen Meerbusen und dem Indischen Ozean hinziehen. Ein solches fast rechtwinkeliges Durchkreuzen geodätischer Linien hat einen mächtigen Einfluß ausgeübt auf die Handelsverhältnisse von Europa mit Asien und dem nordwestlichen Afrika, wie auf den Gang der Civilisation an den vormals glücklicheren Ufern des Mittelmeers.[214]

Wenn mächtige und hohe Gebirgsketten als Zeugen großer Erdrevolutionen, als Grenzscheiden der Klimate, als Wasserverteiler oder als Träger einer anderen Pflanzenwelt unsere Einbildungskraft beschäftigen, so ist es um so notwendiger, durch eine richtige numerische Schätzung ihres Volums zu zeigen, wie gering im ganzen die Quantität der gehobenen Massen im Vergleich mit dem Areal ganzer Länder ist. Die Masse der Pyrenäen z. B., einer Kette, von der die mittlere Höhe des Rückens und der Flächeninhalt der Basis, welche sie bedeckt, durch genaue Messungen bekannt sind, würde, auf das Areal von Frankreich gestreut, letzteres Land nur um 108 Fuß (35 m) erhöhen. Die Masse der östlichen und westlichen Alpenkette würde in ähnlichem Sinne die Höhe des Flachlandes von

Europa nur um 20 Fuß (6,5 m) vermehren. Durch eine mühevolle Arbeit, [illegible] die aber ihrer Natur nach nur eine obere Grenze, d. i. eine Zahl gibt, welche wohl kleiner, aber nicht größer sein kann, habe ich gefunden, daß der Schwerpunkt des Volums der über dem jetzigen Meeresspiegel gehobenen Länder in Europa und Nordamerika 630 (205 m) und 702 (228 m), in Asien und Südamerika 1062 (341 m) und 1080 Fuß (351 m) hoch liegt. Diese Schätzungen bezeichnen die Niedrigkeit der nördlichen Regionen; die großen Steppen des Flachlandes von Sibirien werden durch die ungeheure Anschwellung des asiatischen Bodens zwischen den Breitengraden von 28½° bis 40°, zwischen dem Himalaya, dem nordtibetischen Kuen-lün und dem Himmelsgebirge, kompensiert. Man liest gewissermaßen in den gefundenen Zahlen, wo die plutonischen Mächte des inneren Erdkörpers am stärksten in der Hebung der Kontinentalmassen gewirkt haben.

Nichts kann uns Sicherheit geben, daß jene plutonischen Mächte im Lauf kommender Jahrhunderte den von Elie de Beaumont bisher aufgezählten Bergsystemen verschiedenen Alters und verschiedener Richtung nicht neue hinzufügen werden. Warum sollte die Erdrinde schon die Eigenschaft sich zu falten verloren haben? Die fast zuletzt hervorgetretenen Gebirgssysteme der Alpen und der Andeskette haben im Montblanc und Monte Rosa, im Sorata, Illimani und Chimborazo Kolosse gehoben, welche eben nicht auf eine Abnahme in der Intensität der unterirdischen Kräfte schließen lassen. Alle geognostischen Phänomene deuten auf periodische Wechsel von Thätigkeit und Ruhe. Die Ruhe, die wir genießen, ist nur eine scheinbare. Das Erdbeben, welches die Oberfläche unter allen Himmelsstrichen, in jeglicher Art des Gesteins erschüttert, das aufsteigende Schwedeu, die Entstehung neuer Ausbruchsinseln zeugen eben nicht für ein stilles Erdenleben.

Die beiden Umhüllungen der starren Oberfläche unseres Planeten, die tropfbarflüssige und die luftförmige, bieten, neben den Kontrasten, welche aus der großen Verschiedenheit ihres Aggregat- und Elastizitätszustandes entstehen, auch, wegen der Verschiebbarkeit der Teile, durch ihre Strömungen und ihre Temperaturverhältnisse mannigfaltige Analogieen dar. Die Tiefe des Ozeans und des Luftmeeres sind uns beide unbekannt. Im Ozean hat man an einigen Punkten, unter den Tropen, in einer Tiefe von 25300 Fuß (8218 m) (mehr als einer geographischen Meile) noch keinen Grund gefunden; im

letzteren, falls es, wie Wollaston will, begrenzt also und wellenschlagend ist, läßt das Phänomen der Dämmerung auf eine wenigstens neunmal größere Tiefe schließen. Das Luftmeer ruht teils auf der festen Erde, deren Bergketten und Hochebenen, wie wir schon oben bemerkt, als grüne, waldbewachsene Untiefen aufsteigen, teils auf dem Ozean, dessen Oberfläche den beweglichen Boden bildet, auf dem die unteren dichteren, wassergetränkten Luftschichten gelagert sind.

Von der Grenze beider, des Luftmeeres und des Ozeans, an aufwärts und abwärts sind Luft- und Wasserschichten bestimmten Gesetzen der Wärmeabnahme unterworfen. In dem Luftmeer ist diese Wärmeabnahme um vieles langsamer als im Ozean. Das Meer hat unter allen Zonen eine Tendenz, die Wärme seiner Oberfläche in den der Luft nächsten Wasserschichten zu bewahren, da die erkalteten Teile als die schwereren hinabsteigen. Eine große Reihe sorgfältiger Temperaturbeobachtungen lehrt, daß in dem gewöhnlichen und mittleren Zustande seiner Oberfläche der Ozean vom Aequator an bis 48° nördlicher und südlicher Breite, etwas wärmer ist als die zunächst liegenden Luftschichten. Wegen der mit der Tiefe abnehmenden Temperatur können Fische und andere Bewohner des Meeres, die vielleicht wegen der Natur ihrer Kiemen- und Hautrespiration tiefe Wasser lieben, selbst unter den Wendekreisen nach Willkür die niedrige Temperatur, das kühle Klima finden, welche ihnen in höheren Breiten unter der gemäßigten und kalten Zone vorzugsweise zusagten. Dieser Umstand, analog der milden, ja selbst kalten Alpenluft auf den Hochebenen der heißen Zone, übt einen wesentlichen Einfluß aus auf die Migration und die geographische Verbreitung vieler Seetiere. Die Tiefe, in der die Fische leben, modifiziert durch vermehrten Druck gleichmäßig ihre Hautrespiration und den Sauer- und Stickstoffgehalt der Schwimmblase.

Da süßes und salziges Wasser nicht bei derselben Temperatur das Maximum ihrer Dichtigkeit erreichen und der Salzgehalt des Meeres den Thermometergrad der größten Dichtigkeit herabzieht, so hat man auf den Reisen von Kotzebue und Dupetit-Thouars aus den pelagischen Abgründen Wasser schöpfen können, welche die niedrige Temperatur von 2°,8 und 2°,5 hatten. Diese eisige Temperatur des Meerwassers herrscht auch in der Tiefe der Tropenmeere, und ihre Existenz hat zuerst auf die Kenntnis der unteren Polarströme geleitet, die

von den beiden Polen gegen den Aequator hin gerichtet sind. Ohne diese unterseeische Zuströmung würden die Tropenmeere in jenen Abgründen nur diejenige Temperatur haben können, welche dem Maximum der Kälte gleich ist, die örtlich die herabsinkenden Wasserteilchen an der wärmestrahlenden und durch Luftkontakt erkälteten Oberfläche im Tropenklima erlangen. In dem Mittelländischen Meere wird, wie Arago scharfsinnig bemerkt, die große Erkältung der unteren Wasserschichten bloß darum nicht gefunden, weil das Eindringen des tiefen Polarstromes in die Straße von Gibraltar, wo an der Oberfläche das Atlantische Meer von Westen gegen Osten einströmt, durch eine ostwestliche untere Gegenströmung des Mittelländischen Meeres in den Atlantischen Ozean gehindert wird.

Die im allgemeinen die Klimate ausgleichende und mildernde tropfbarflüssige Umhüllung unseres Planeten zeigt da, wo sie nicht von pelagischen Strömen kalter und warmer Wasser durchfurcht wird, fern von den Küsten in der Tropenzone, besonders zwischen 10° nördlicher und 10° südlicher Breite, in Strecken, die Tausende von Quadratmeilen einnehmen, eine bewundernswürdige Gleichheit und Beständigkeit der Temperatur. Man hat daher mit Recht gesagt, [216] daß eine genaue und lange fortgesetzte Ergründung dieser thermischen Verhältnisse der Tropenmeere uns auf die einfachste Weise über das große, vielfach bestrittene Problem der Konstanz der Klimate und der Erdwärme unterrichten könne. Große Revolutionen auf der leuchtenden Sonnenscheibe würden sich demnach, wenn sie von langer Dauer wären, gleichsam in der veränderten mittleren Meereswärme, sicherer noch als in den mittleren Temperaturen der Feste, reflektieren. Die Zonen, in welchen die Maxima der Dichte (des Salzgehaltes) und der Temperatur liegen, fallen nicht mit dem Aequator zusammen. Beide Maxima sind voneinander getrennt, und die wärmsten Wasser scheinen zwei nicht ganz parallele Banden nördlich und südlich vom geographischen Aequator zu bilden. Das Maximum des Salzgehalts [217] fand Lenz, auf seiner Reise um die Erde, im Stillen Meere in 22° nördlicher und 17° südlicher Breite. Wenige Grade südlich von der Linie lag sogar die Zone des geringsten Salzgehaltes. In den Regionen der Windstille kann die Sonnenwärme wenig die Verdunstung befördern, weil eine mit Salzdunst geschwängerte Luftschicht dort unbewegt und unerneuert auf der Oberfläche des Meeres ruht.

Die Oberfläche aller miteinander zusammenhangenden Meere muß im allgemeinen hinsichtlich ihrer mittleren Höhe als vollkommen in Niveau stehend betrachtet werden. Oertliche Ursachen (wahrscheinlich herrschende Winde und Strömungen) haben aber in einzelnen tiefeingeschnittenen Busen, z. B. im Roten Meere, permanente, wenngleich geringe Verschiedenheiten des Niveaus hervorgebracht. An der Landenge von Suez beträgt der höhere Stand der Wasser über denen des Mittelmeers zu verschiedener Tagesstunde 24 und 30 Fuß (7,8 bis 9,75 m). Die Form des Kanals (Bab-el-Mandeb), durch welchen die indischen Wasser leichter ein- als ausströmen können, scheint zu dieser merkwürdigen permanenten, schon im Altertum bekannten Erhöhung der Oberfläche des Roten Meeres mit beizutragen. Die vortrefflichen geodätischen Operationen von Coraboeuf und Delcros zeigen längs der Kette der Pyrenäen wie zwischen den Küsten von Nordholland und Marseille keine bemerkbare Verschiedenheit der Gleichgewichtsoberfläche des Ozeans und des Mittelmeers.[218]

Störungen des Gleichgewichts und die dadurch erregte Bewegung der Wasser sind: teils unregelmäßig und vorübergehend vom Winde abhängig, und Wellen erzeugend, die fern von den Küsten im offenen Meere, im Sturm, über 35 Fuß (11,37 m) Höhe ansteigen, teils regelmäßig und periodisch durch die Stellung und Anziehung der Sonne und des Mondes bewirkt (Ebbe und Flut); teils permanent, doch in ungleicher Stärke, als pelagische Strömung. Die Erscheinungen der Ebbe und Flut, über alle Meere verbreitet (außer den kleinen und sehr eingeschlossenen, wo die Flutwellen kaum oder gar nicht merklich wird), sind durch die Newtonsche Naturlehre vollständig erklärt, d. h. in den Kreis des Notwendigen zurückgeführt. Jede dieser periodisch wiederkehrenden Schwankungen des Meerwassers ist etwas länger als ein halber Tag. Wenn sie im offenen Weltmeer kaum die Höhe von einigen Fußen betragen, so steigen sie als Folge der Konfiguration der Küsten, die sich der kommenden Flutwelle entgegensetzen, in St. Malo zu 50 (16,25 m), in Acadien zu 65 bis 70 Fuß (21 bis 22,75 m). „Unter der Voraussetzung, daß die Tiefe des Meeres vergleichungsweise mit dem Halbmesser der Erde nicht bedeutend sei, hat die Analyse des großen Geometers Laplace bewiesen, wie die Stetigkeit des Gleichgewichts des Meeres fordere, daß die Dichte seiner Flüssigkeit kleiner sei als die mittlere Dichte der Erde. In der That ist die letztere,

wie wir oben gesehen, fünfmal so groß als die des Wassers. Das hohe Land kann also nie überflutet werden, und die auf den Gebirgen gefundenen Ueberreste von Seetieren können keineswegs durch ehemals höhere Fluten (durch die Stellung der Sonne und des Mondes veranlaßt) in diese Lage gekommen sein." Es ist kein geringes Verdienst der Analyse, die in den unwissenschaftlichen Kreisen des sogenannten bürgerlichen Lebens vornehm verschmäht wird, daß Laplaces vollendete Theorie der Ebbe und Flut es möglich gemacht hat, in unseren astronomischen Ephemeriden die Höhe der bei jedem Neu- und Vollmonde zu erwartenden Springfluten vorher zu verkündigen und so die Küstenbewohner auf die eintretende, besonders bei der Mondnähe noch vermehrte Gefahr aufmerksam zu machen.

Ozeanische Strömungen, welche einen so wichtigen Einfluß auf den Verkehr der Nationen und auf die klimatischen Verhältnisse der Küsten ausüben, sind fast gleichzeitig von einer Menge sehr verschiedenartiger, teils großer, teils scheinbar kleiner Ursachen abhängig. Dahin gehören: die um die Erde fortschreitende Erscheinungszeit der Ebbe und Flut, die Dauer und Stärke der herrschenden Winde, die durch Wärme und Salzgehalt unter verschiedenen Breiten und Tiefen modifizierte Dichte und spezifische Schwere der Wasserteilchen, [219] die von Osten nach Westen successiv eintretenden und unter den Tropen so regelmäßigen, stündlichen Variationen des Luftdruckes. Die Strömungen bieten das merkwürdige Schauspiel dar, daß sie von bestimmter Breite in verschiedenen Richtungen das Meer flußartig durchkreuzen, während daß nahe Wasserschichten unbewegt gleichsam das Ufer bilden. Dieser Unterschied der bewegten und ruhenden Teile ist am auffallendsten, wo lange Schichten von fortgeführtem Seetang die Schätzung der Geschwindigkeit der Strömung erleichtern. In den unteren Schichten der Atmosphäre bemerkt man bei Stürmen bisweilen ähnliche Erscheinungen der begrenzten Luftströmung. Mitten im dichten Walde werden die Bäume nur in einem schmalen Längenstreifen umgeworfen.

Die allgemeine Bewegung der Meere zwischen den Wendekreisen von Osten nach Westen (Aequatorial- oder Rotationsstrom genannt) wird als eine Folge der fortschreitenden Flutzeit und der Passatwinde betrachtet. Sie verändert ihre Richtung durch den Widerstand, welchen sie an den vorliegenden östlichen Küsten der Kontinente findet. Das neue Resultat,

welches Daussy aus der Bewegung aufgefangener, von Reisenden absichtlich ausgeworfener Flaschen geschöpft hat, stimmt bis auf $^1/_{18}$ mit der Schnelligkeit der Bewegung überein (10 französische milles marins, jedes zu 952 Toisen = 1855 m, alle 24 Stunden), welche ich nach der Vergleichung früherer Erfahrungen gefunden hatte. Schon in dem Schiffsjournal seiner dritten Reise (der ersten, in welcher er gleich im Meridian der kanarischen Inseln in die Tropengegend zu gelangen suchte) sagt Christoph Kolumbus:[220] „Ich halte es für ausgemacht, daß die Meereswasser sich von Osten gen Westen bewegen, wie der Himmel (las aguas van con los cielos);" d. i. wie die scheinbare Bewegung von Sonne, Mond und allen Gestirnen.

Die schmalen Ströme, wahre ozeanische Flüsse, welche die Weltmeere durchstreifen, führen warme Wasser in höhere oder kalte Wasser in niedere Breiten. Zu der ersten Klasse gehört der berühmte, von Enghiera und besonders von Sir Humphrey Gilbert bereits im 16. Jahrhundert erkannte Atlantische Golfstrom, dessen erster Anfang und Impuls südlich vom Vorgebirge der guten Hoffnung zu suchen ist,[221] und der in seinem großen Kreislaufe aus dem Meer der Antillen und dem Mexikanischen Meerbusen durch die Bahamastraße ausmündet, von Süd-Süd-West gegen Nord-Nord-Ost gerichtet, sich immer mehr und mehr von dem Litorale der Vereinigten Staaten entfernt und, bei der Bank von Neufundland ostwärts abgelenkt, häufig tropische Samen (Mimosa scandens, Guilandina bonduc, Dolichos urens) an die Küsten von Irland, von den Hebriden und von Norwegen wirft. Seine nordöstlichste Verlängerung trägt wohlthätig zu der minderen Kälte des Seewassers und des Klimas an dem nördlichsten Kap von Skandinavien bei. Wo der warme Golfstrom sich von der Bank von Neufundland gegen Osten wendet, sendet er unweit der Azoren einen Arm gegen Süden. Dort liegt das Sargassomeer, die große Fukusbank, welche so lebhaft die Einbildungskraft von Christoph Kolumbus beschäftigte und welche Oviedo die Tangwiesen (Praderias de yerva) nennt.[222] Eine Unzahl kleiner Seetiere bewohnen diese ewig grünenden, von lauen Lüften hin und her bewegten Massen von Fucus natans, einer der verbreitetsten unter den geselligen Pflanzen des Meeres.

Das Gegenstück zu diesem, fast ganz der nördlichen Hemisphäre zugehörigen Strom im Atlantischen Meeresthale

zwischen Afrika, Amerika und Europa bildet eine Strömung in der Südsee, deren niedrige, auch auf das Klima des Litorales bemerkbar einwirkende Temperatur ich im Herbst 1802 zuerst aufgefunden habe. Sie bringt die kalten Wasser der hohen südlichen Breiten an die Küsten von Chile, folgt den Küsten dieses Landes und denen von Peru erst von Süden gegen Norden, dann (von der Bucht bei Arica an) von Süd Süd-Ost gegen Nord Nord-West. Mitten in der Tropengegend hat dieser kalte ozeanische Strom zu gewissen Jahreszeiten nur 15°,6 (12½° R.), während daß die ruhenden Wasser außerhalb des Stromes eine Temperatur von 27°,5 und 28°,7 (22 bis 23° R.) zeigen. Wo das Litorale von Südamerika, südlich von Payta, am meisten gegen Westen vorspringt, beugt der Strom sich plötzlich in derselben Richtung von dem Lande ab, von Osten gegen Westen gewandt, so daß man, weiter nach Norden schiffend, von dem kalten Wasser plötzlich in das warme gelangt.

Man weiß nicht, wie weit die ozeanischen Ströme, warme und kalte, gegen den Meeresboden hin ihre Bewegung fortpflanzen. Die Ablenkung der südafrikanischen Strömung durch die volle, 70 bis 80 Brassen tiefe Lagulhasbank scheint eine solche Fortpflanzung zu erweisen. Sandbänke und Untiefen, außerhalb der Strömungen gelegen, sind mehrenteils, nach der Entdeckung des edlen Benjamin Franklin, durch die Kälte der Wasser erkennbar, welche auf denselben ruhen. Diese Erniedrigung der Temperatur scheint mir in dem Umstande gegründet, daß durch Fortpflanzung der Bewegung des Meeres tiefe Wasser an den Rändern der Bänke aufsteigen und sich mit den oberen vermischen. Mein verewigter Freund Sir Humphrey Davy dagegen schrieb die Erscheinung, von der die Seefahrer oft für die Sicherheit der Schiffahrt praktischen Nutzen ziehen könnten, dem Herabsinken der an der Oberfläche nächtlich erkalteten Wasserteilchen zu. Diese bleiben der Oberfläche näher, weil die Sandbank sie hindert, in größere Tiefe herabzusinken. Das Thermometer ist durch Franklin in ein Senkblei umgewandelt. Auf den Untiefen entstehen häufig Nebel, da ihre kälteren Wasser den Dunst aus der Seeluft niederschlagen. Solche Nebel habe ich, im Süden von Jamaika und auch in der Südsee, den Umriß von Bänken scharf und fern erkennbar bezeichnen gesehen. Sie stellen sich dem Auge wie Luftbilder dar, in welchen sich die Gestaltungen des unterseeischen Bodens abspiegeln. Eine noch merkwürdigere

Wirkung der wassererkältenden Untiefen ist die, daß sie, fast wie flache Korallen- oder Sandinseln, auch auf die höheren Luftschichten einen bemerkbaren Einfluß ausüben. Fern von allen Küsten, auf dem hohen Meere, bei sehr heiterer Luft sieht man oft Wolken sich über die Punkte lagern, wo die Untiefen gelegen sind. Man kann dann, wie bei einem hohen Gebirge, bei einem isolierten Pik, ihre Richtung mit dem Kompaß aufnehmen.

Aeußerlich minder gestaltenreich als die Oberfläche der Kontinente, bietet das Weltmeer bei tieferer Ergründung seines Inneren vielleicht eine reichere Fülle des organischen Lebens dar, als irgendwo auf dem Erdraume zusammengedrängt ist. Mit Recht bemerkt in dem anmutigen Journal seiner weiten Seereisen Charles Darwin, daß unsere Wälder nicht so viele Tiere bergen als die niedrige Waldregion des Ozeans: wo die am Boden wurzelnden Tanggesträuche der Untiefen oder die frei schwimmenden, durch Wellenschlag und Strömung losgerissenen Fucuszweige ihr zartes, durch Luftzellen emporgehobenes Laub entfalten. Durch Anwendung des Mikroskops steigert sich noch mehr, und auf eine bewundernswürdige Weise, der Eindruck der Allbelebtheit des Ozeans: das überraschende Bewußtsein, daß überall sich hier Empfindung regt. In Tiefen, welche die Höhe unserer mächtigen Gebirgsketten übersteigen, ist jede der aufeinander gelagerten Wasserschichten mit polygastrischen Seegewürmen, Cyklidien und Ophrydinen belebt. Hier schwärmen, jede Welle in einen Lichtsaum verwandelnd und durch eigene Witterungsverhältnisse an die Oberfläche gelockt, die zahllose Schar kleiner, funkelnd-blitzender Leuchttiere: Mammarien aus der Ordnung der Akalephen, Krustaceen, Peridinium und kreisende Nereidinen.

Die Fülle dieser kleinen Tiere und des animalischen Stoffes, den ihre schnelle Zerstörung liefert, ist so unermeßlich, daß das ganze Meerwasser für viele größere Seegeschöpfe eine nährende Flüssigkeit wird. Wenn schon der Reichtum an belebten Formen, die Unzahl der verschiedenartigsten mikroskopischen und doch teilweise sehr ausgebildeten Organismen die Phantasie anmutig beschäftigt; so wird diese noch auf eine ernstere, ich möchte sagen feierlichere Weise angeregt durch den Anblick des Grenzenlosen und Unermeßlichen, welchen jede Seefahrt darbietet. Wer, zu geistiger Selbstthätigkeit erweckt, sich gern eine eigene Welt im Inneren baut, den erfüllt der Schauplatz des freien, offenen Meeres mit dem

erhabenen Bilde des Unendlichen. Sein Auge fesselt vorzugsweise der ferne Horizont, wo unbestimmt wie im Dufte Wasser und Luft aneinander grenzen, in den die Gestirne hinabsteigen und aus dem sie sich erneuern vor den Schiffenden. Zu dem ewigen Spiel dieses Wechsels mischt sich, wie überall bei der menschlichen Freude, ein Hauch wehmütiger Sehnsucht.

Eigentümliche Vorliebe für das Meer; dankbare Erinnerung an die Eindrücke, die mir das bewegliche Element, zwischen den Wendekreisen, in friedlicher nächtlicher Ruhe oder aufgeregt im Kampf der Naturkräfte gelassen, haben allein mich bestimmen können, den individuellen Genuß des Anblicks vor dem wohlthätigen Einflusse zu nennen, welchen unbestreitbar der Kontakt mit dem Weltmeer auf die Ausbildung der Intelligenz und des Charakters vieler Völkerstämme, auf die Vervielfältigung der Bande, die das ganze Menschengeschlecht umschlingen sollen, auf die Möglichkeit zur Kenntnis der Gestaltung des Erdraums zu gelangen, endlich auf die Vervollkommnung der Astronomie und aller mathematischen und physikalischen Wissenschaften ausgeübt hat. Ein Teil dieses Einflusses war anfangs auf das Mittelmeer und die Gestade des südwestlichen Asiens beschränkt; aber von dem 16. Jahrhundert an hat er sich weit verbreitet, und auf Völker erstreckt, die fern vom Meere im Inneren der Kontinente leben. Seitdem Kolumbus[225] „den Ozean zu entfesseln gesandt war“ (so rief ihm auf seinem Krankenlager, im Traumgesicht am Flusse Velen, eine unbekannte Stimme zu), hat auch der Mensch sich geistig freier in unbekannte Regionen gewagt.

Die zweite und zwar äußerste und allgemein verbreitete Umhüllung unseres Planeten, das Luftmeer, auf dessen niederem Boden oder Untiefen (Hochebenen und Bergen) wir leben, bietet sechs Klassen der Naturerscheinungen dar, welche den innigsten Zusammenhang miteinander zeigen, und aus der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre, aus den Veränderungen der Diaphanität, Polarisation und Färbung, aus denen der Dichtigkeit oder des Druckes, der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Elektrizität entstehen. Enthält die Luft im Sauerstoff das erste Element des physischen Tierlebens, so muß in ihrem Dasein noch eine andere Wohlthat, man möchte sagen höherer Art, bezeichnet werden. Die Luft ist die „Trägerin des Schalles“, also auch die Trägerin der

Sprache, der Mitteilung der Ideen, der Geselligkeit unter den Völkern. Wäre der Erdball der Atmosphäre beraubt, wie unser Mond, so stellte er sich uns in der Phantasie als eine klanglose Einöde dar.

Das Verhältnis der Stoffe, welche den uns zugänglichen Schichten des Luftkreises angehören, ist seit dem Anfange des 19. Jahrhunderts ein Gegenstand von Untersuchungen gewesen, an denen Gay-Lussac und ich einen thätigen Anteil genommen haben. Erst ganz neuerlich hat durch die vortrefflichen Arbeiten von Dumas und Boussingault auf neuen und sicheren Wegen die chemische Analyse der Atmosphäre einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht. Nach dieser Analyse enthält die trockene Luft in Volum 20,8 Sauerstoff und 79,2 Stickstoff; dazu 2 bis 5 Zehntausendteile Kohlensäure, eine noch kleinere Quantität von gekohltem Wasserstoff,[224] und nach den wichtigen Versuchen von Saussure und Liebig Spuren von Ammoniakaldämpfen, die den Pflanzen ihre stickstoffhaltigen Bestandteile liefern. Daß der Sauerstoffgehalt nach Verschiedenheit der Jahreszeiten oder der örtlichen Lage auf dem Meere und im Inneren eines Kontinents um eine kleine, aber bemerkbare Menge variiere, ist durch einige Beobachtungen von Lewy wahrscheinlich geworden. Man begreift, daß Veränderungen, welche mikroskopische animalische Organismen in der in dem Wasser aufgelösten Sauerstoffmenge hervorbringen, Veränderungen in den Luftschichten nach sich ziehen können, die zunächst auf dem Wasser ruhen. In einer Höhe von 8226 Fuß (2672 m) (Faulhorn) war die durch Martins gesammelte Luft nicht sauerstoffärmer als die Luft zu Paris.

Die Beimischung des kohlensauren Ammoniaks in der Atmosphäre darf man wahrscheinlich für älter halten als das Dasein der organischen Wesen auf der Oberfläche der Erde. Die Quellen der Kohlensäure[225] in dem Luftkreise sind überaus mannigfaltig. Wir nennen hier zuerst die Respiration der Tiere, welche den ausgehauchten Kohlenstoff aus der vegetabilischen Nahrung, wie die Vegetabilien aus dem Luftkreise, empfangen; das Innere der Erde in der Gegend ausgebrannter Vulkane und die Thermalquellen; die Zersetzung einer kleinen Beimischung gekohlten Wasserstoffs in der Atmosphäre durch die in der Tropengegend so viel häufigere elektrische Entladung der Wolken. Außer den Stoffen, die wir soeben als der Atmosphäre in allen uns zugänglichen Höhen eigentümlich genannt haben, finden sich noch zufällig, besonders dem Boden

nahe, andere ihr beigesellt, welche teilweise als Miasmen und gasförmige Kontagien auf die tierische Organisation gefahrbringend wirken. Ihre chemische Natur ist uns bisher nicht durch unmittelbare Zerlegung erwiesen; wir können aber, durch Betrachtung der Verwesungsprozesse, welche perpetuierlich auf der mit Tier- und Pflanzenstoffen bedeckten Oberfläche unseres Planeten vorgehen, wie durch Kombinationen und Analogieen aus dem Gebiete der Pathologie geleitet, auf das Dasein solcher schädlichen örtlichen Beimischungen schließen. Ammoniakalische und andere stickstoffhaltige Dämpfe, Schwefelwasserstoffsäure, ja Verbindungen, die den vielbasigen (ternären und quaternären) des Pflanzenreiches ähnlich sind, können Miasmen bilden, welche unter mannigfaltiger Gestaltung (keineswegs bloß auf nassem Sumpfboden oder am Meeresstrande, wo er mit faulenden Mollusken oder mit niedrigen Gebüschen von Rhizophora mangle und Avicennien bedeckt ist) Tertiärfieber, ja Typhus erregen. Nebel, welche einen eigentümlichen Geruch verbreiten, erinnern uns in gewissen Jahreszeiten an jene zufälligen Beimischungen des unteren Luftkreises. Winde und der durch die Erwärmung des Bodens erregte aufsteigende Luftstrom erheben selbst feste, aber in feinen Staub zerfallene Substanzen zu beträchtlicher Höhe. Der die Luft auf einem weiten Areal trübende Staub, der um die kapverdischen Inseln niederfällt und auf welchen Darwin mit Recht aufmerksam gemacht hat, enthält nach Ehrenbergs Entdeckung eine Unzahl kieselgepanzerter Infusorien.

Als Hauptzüge eines allgemeinen Naturgemäldes der Atmosphäre erkennen wir: 1) in den Veränderungen des Luftdruckes die regelmäßigen, zwischen den Tropen so leicht bemerkbaren stündlichen Schwankungen, eine Art Ebbe und Flut der Atmosphäre, welche nicht der Massenanziehung [226] des Mondes zugeschrieben werden darf, und nach der geographischen Breite, den Jahreszeiten und der Höhe des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel sehr verschieden ist; 2) in der klimatischen Wärmeverteilung die Wirkung der relativen Stellung der durchsichtigen und undurchsichtigen Massen (der flüssigen und festen Oberflächenräume), wie der hypsometrischen Konfiguration der Kontinente, Verhältnisse, welche die geographische Lage und Krümmung der Isothermenlinien (Kurven gleicher mittlerer jährlicher Temperatur) in horizontaler oder vertikaler Richtung, in der Ebene oder in den übereinander gelagerten Luftschichten bestimmen; 3) in der

Verteilung der Luftfeuchtigkeit die Betrachtung der quantitativen Verhältnisse nach Verschiedenheit der festen und der ozeanischen Oberfläche, der Entfernung vom Aequator und von dem Niveau des Meeres, die Formen des niedergeschlagenen Wasserdampfes und den Zusammenhang dieser Niederschläge mit den Veränderungen der Temperatur und der Richtung wie der Folge der Winde; 4) in den Verhältnissen der Luftelektrizität, deren erste Quelle bei heiterem Himmel noch sehr bestritten wird, das Verhältnis der aufsteigenden Dämpfe zur elektrischen Ladung und Gestalt der Wolken nach Maßgabe der Tages und Jahreszeit, der kalten und warmen Erdzonen, der Tief- und Hochebenen; die Frequenz und Seltenheit der Gewitter, ihre Periodizität und Ausbildung im Sommer und Winter; den Kausalzusammenhang der Elektrizität mit dem so überaus seltenen nächtlichen Hagel, wie mit den von Peltier so scharfsinnig untersuchten Wettersäulen (Wasser- und Sandhosen).

Die stündlichen Schwankungen des Barometers, in welchen dasselbe unter den Tropen zweimal (9 Uhr oder $9\frac{1}{4}$ Uhr morgens und $10\frac{1}{2}$ oder $10\frac{3}{4}$ Uhr abends) am höchsten und zweimal (um 4 Uhr oder $4\frac{1}{4}$ Uhr nachmittags und um 4 Uhr morgens, also fast in der heißesten und kältesten Stunde) am niedrigsten steht, sind lange der Gegenstand meiner sorgfältigsten, täglichen und nächtlichen Beobachtungen gewesen. Ihre Regelmäßigkeit ist so groß, daß man, besonders in den Tagesstunden, die Zeit nach der Höhe der Quecksilbersäule bestimmen kann, ohne sich im Durchschnitt um 15 bis 17 Minuten zu irren. In der heißen Zone des neuen Kontinents, an den Küsten, wie auf Höhen von mehr als 12000 Fuß (3900 m) über dem Meere, wo die mittlere Temperatur auf 7° herabsinkt, habe ich die Regelmäßigkeit der Ebbe und Flut des Luftmeers weder durch Sturm, noch durch Gewitter, Regen und Erdbeben gestört gefunden. Die Größe der täglichen Oszillationen nimmt vom Aequator bis zu 70° nördlicher Breite, unter der wir die sehr genauen, von Bravais zu Bosekop gemachten Beobachtungen besitzen, [227] von 1,32 Lin. bis 0,18 Lin. ab. Daß dem Pole viel näher der mittlere Barometerstand wirklich um 10 Uhr morgens geringer sei als um 4 Uhr nachmittags, so daß die Wendestunden ihren Einfluß miteinander vertauschen, ist aus Parrys Beobachtungen im Hafen Bowen (73° 14′) keineswegs zu schließen.

Die mittlere Barometerhöhe ist, wegen des aufsteigenden

Luftstromes, unter dem Aequator und überhaupt unter den Wendekreisen etwas geringer als in der gemäßigten Zone; sie scheint ihr Maximum im westlichen Europa in den Parallelen von 40° und 45° zu erreichen. Wenn man mit Kämtz diejenigen Orte, welche denselben mittleren Unterschied zwischen den monatlichen Barometerextremen darbieten, durch isobarometrische Linien miteinander verbindet, so entstehen dadurch Kurven, deren geographische Lage und Krümmungen wichtige Aufschlüsse über den Einfluß der Ländergestaltung und Meerverbreitung auf die Oszillationen der Atmosphäre gewähren. Hindostan mit seinen hohen Bergketten und triangularen Halbinseln, die Ostküste des neuen Kontinents, da, wo der warme Golfstrom bei Neufundland sich östlich wendet, zeigen größere isobarometrische Schwankungen als die Antillen und das westliche Europa. Die herrschenden Winde üben den hauptsächlichsten Einfluß auf die Verminderung des Luftdrucks aus; dazu nimmt mit derselben, wie wir schon oben erwähnt, nach Daussy, die mittlere Höhe des Meeres zu.

Da die wichtigsten sowohl, nach Stunden und Jahreszeiten, regelmäßig wiederkehrenden, als die zufälligen, oft gewaltsamen und gefahrbringenden Veränderungen des Luftdrucks, wie alle sogenannten Witterungserscheinungen, ihre Hauptursache in der wärmenden Kraft der Sonnenstrahlen haben, so hat man früh, zum Teil nach Lamberts Vorschlag, die Windrichtungen mit den Barometerständen, den Abwechselungen der Temperatur, der Zu- und Abnahme der Feuchtigkeit verglichen. Tafeln des Luftdruckes bei verschiedenen Winden, mit dem Namen barometrischer Windrosen bezeichnet, gewähren einen tieferen Blick in den Zusammenhang meteorologischer Phänomene. Mit bewunderungswürdigem Scharfsinn erkannte Dove in dem Drehungsgesetze der Winde beider Hemisphären, das er aufstellte, die Ursache vieler großartiger Veränderungen (Prozesse) im Luftozean.[228] Die Temperaturdifferenz zwischen den dem Aequator und den den Polen nahen Gegenden erzeugt zwei entgegengesetzte Strömungen in den oberen Regionen der Atmosphäre und an der Erdoberfläche. Wegen Verschiedenheit der Rotationsgeschwindigkeit der dem Pole oder dem Aequator näher liegenden Punkte wird die vom Pole herströmende Luft östlich, der Aequatorialstrom aber westlich abgelenkt. Von dem Kampfe dieser beiden Ströme, dem Ort des Herablommens des höheren, dem abwechselnden Verdrängen des einen durch den anderen hangen die größten

Phänomene des Luftdrucks, der Erwärmung und Erkältung der Luftschichten, der wässerigen Niederschläge, ja, wie Dove genau dargestellt hat, die Bildung der Wolken und ihre Gestaltung ab. Die Wolkenform, eine alles belehrende Zierde der Landschaft, wird Verkündigerin dessen, was in der oberen Luftregion vorgeht, ja bei ruhiger Luft, am heißen Sommerhimmel auch das „projizierte Bild" des wärmestrahlenden Bodens.

Wo dieser Einfluß der Wärmestrahlung durch die relative Stellung großer kontinentaler und ozeanischer Flächen bedingt ist, wie zwischen der Ostküste von Afrika und der Westküste der indischen Halbinsel, mußte diese, sich mit der Deklination der Sonne periodisch verändernde Windesrichtung in den indischen Monsunen,[229] dem Hippalos der griechischen Seefahrer, am frühesten erkannt und benutzt werden. In einer, gewiß seit Jahrtausenden in Hindostan und China verbreiteten Kenntnis der Monsune, im Arabischen östlichen und Malayischen westlichen Meere, lag, wie in der noch älteren und allgemeineren Kenntnis der Land- und Seewinde, gleichsam verborgen und eingehüllt der Keim unseres jetzigen, so schnell fortschreitenden, meteorologischen Wissens. Die lange Reihe magnetischer Stationen, welche nun von Moskau bis Peking durch das ganze nördliche Asien gegründet sind, können, da sie auch die Erforschung anderer meteorologischer Verhältnisse zum Zweck haben, für das Gesetz der Winde von großer Wichtigkeit werden. Die Vergleichung von Beobachtungsorten, die so viele hundert Meilen voneinander entfernt liegen, wird entscheiden, ob z. B. ein gleicher Ostwind von der wüsten Hochebene Gobi bis in das Innere von Rußland wehe, oder ob die Richtung des Luftstromes erst mitten in der Stationskette, durch Herabsenkung der Luft aus den höheren Regionen, ihren Anfang genommen hat. Man wird dann im eigentlichsten Sinne lernen, woher der Wind komme. Wenn man das gesuchte Resultat nur auf solche Orte stützen will, in denen die Windesrichtungen länger als 20 Jahre beobachtet worden sind, so erkennt man (nach Wilhelm Mahlmanns neuester und sorgfältiger Berechnung), daß in den mittleren Breiten der gemäßigten Zone in beiden Kontinenten ein west-süd-westlicher Luftstrom der herrschende ist.

Die Einsicht in die Wärmeverteilung im Lufttreise hat einigermaßen an Klarheit gewonnen, seitdem man versucht hat, die Punkte, in welchen die mittleren Temperaturen

des Jahres, des Sommers und des Winters genau ergründet worden sind, durch Linien miteinander zu verbinden. Das System der Isothermen, Isotheren und Isochimenen, welches ich zuerst im Jahre 1817 aufgestellt, kann vielleicht, wenn es durch vereinte Bemühungen der Physiker allmählich vervollkommnet wird, eine der Hauptgrundlagen der vergleichenden Klimatologie abgeben. Auch die Ergründung des Erdmagnetismus hat eine wissenschaftliche Form erst dadurch erlangt, daß man die zerstreuten partiellen Resultate in Linien gleicher Abweichung, gleicher Neigung und gleicher Kraftintensität miteinander graphisch verband.

Der Ausdruck Klima bezeichnet in seinem allgemeinsten Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre, die unsere Organe merklich affizieren: die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Veränderungen des barometrischen Druckes, den ruhigen Luftzustand oder die Wirkungen ungleichnamiger Winde, die Größe der elektrischen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre oder die Vermengung mit mehr oder minder schädlichen gasförmigen Exhalationen, endlich den Grad habitueller Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels, welcher nicht bloß wichtig ist für die vermehrte Wärmestrahlung des Bodens, die organische Entwickelung der Gewächse und die Reifung der Früchte, sondern auch für die Gefühle und ganze Seelenstimmung des Menschen.

Wenn die Oberfläche der Erde aus einer und derselben homogenen flüssigen Masse, oder aus Gesteinschichten zusammengesetzt wäre, welche gleiche Farbe, gleiche Dichtigkeit, gleiche Glätte, gleiches Absorptionsvermögen für die Sonnenstrahlen besäßen und auf gleiche Weise durch die Atmosphäre gegen den Weltraum ausstrahlten, so würden die Isothermen, Isotheren und Isochimenen sämtlich dem Aequator parallel laufen. In diesem hypothetischen Zustande der Erdoberfläche wären dann, in gleichen Breiten, Absorptions- und Emissionsvermögen für Licht und Wärme überall dieselben. Von diesem mittleren, gleichsam primitiven Zustande, welcher weder Strömungen der Wärme im Inneren und in der Hülle des Erdsphäroides, noch die Fortpflanzung der Wärme durch Luftströmungen ausschließt, geht die mathematische Betrachtung der Klimate aus. Alles, was das Absorptions- und Ausstrahlungsvermögen an einzelnen Teilen der Oberfläche, die auf gleichen Paralleltreisen liegen, verändert, bringt Inflexionen in den Isothermen her-

vor. Die Natur dieser Inflexionen, der Winkel, unter welchem die Isothermen, Isotheren oder Isochimenen die Parallelkreise schneiden, die Lage der konvexen oder konkaven Scheitel in Bezug auf den Pol der gleichnamigen Hemisphäre sind die Wirkung von wärme- oder kälteerregenden Ursachen, die unter verschiedenen geographischen Längen mehr oder minder mächtig auftreten.

Die Fortschritte der Klimatologie sind auf eine merkwürdige Weise dadurch begünstigt worden, daß die europäische Civilisation sich an zwei einander gegenüberstehenden Küsten verbreitet hat, daß sie von unserer westlichen Küste zu einer östlichen jenseits des atlantischen Thales übergegangen ist. Als die Briten, nach den von Island und Grönland ausgegangenen ephemeren Niederlassungen die ersten bleibenden Ansiedelungen in dem Litorale der Vereinigten Staaten von Nordamerika gründeten, als religiöse Verfolgungen, Fanatismus und Freiheitsliebe die Kolonialbevölkerung vergrößerten, mußten die Ansiedler (von Nordkarolina und Virginien an bis zum St. Lorenzstrome über die Winterkälte erstaunen, die sie erlitten, wenn sie dieselbe mit der von Italien, Frankreich und Schottland unter denselben Breitengraden verglichen. Eine solche klimatische Betrachtung, so anregend sie auch hätte sein sollen, trug aber nur dann erst Früchte, als man sie auf numerische Resultate mittlerer Jahreswärme gründen konnte. Vergleicht man zwischen 58° und 30° nördlicher Breite Nain an der Küste von Labrador mit Gotenburg, Halifax mit Bordeaux, New York mit Neapel, San Augustin in Florida mit Kairo, so findet man unter gleichen Breitengraden die Unterschiede der mittleren Jahrestemperatur zwischen Ostamerika und Westeuropa, von Norden gegen Süden fortschreitend: 11°,5, 7°,7, 3°,0 und fast 0°. Die allmähliche Abnahme der Unterschiede in der gegebenen Reihe von 28 Breitengraden ist auffallend. Noch südlicher, unter den Wendekreisen selbst, sind die Isothermen überall in beiden Weltteilen dem Aequator parallel. Man sieht aus den hier gegebenen Beispielen, daß die in gesellschaftlichen Kreisen so oft wiederholten Fragen: um wie viel Grade Amerika (ohne Ost- und Westküsten zu unterscheiden) kälter als Europa sei? um wie viel die mittleren Jahreswärmen in Kanada und den Vereinigten nordamerikanischen Staaten niedriger als unter gleicher Breite in Europa seien? allgemein ausgedrückt, keinen Sinn haben. Der Unterschied ist unter jedem Parallel ein anderer, und ohne

spezielle Vergleichung der Winter- und Sommertemperatur an den gegenüberstehenden Küsten kann man sich von den eigentümlichen klimatischen Verhältnissen, insofern sie auf den Ackerbau, auf die Gewerbe und das Gefühl der Behaglichkeit oder Unbehaglichkeit Einfluß haben, keinen deutlichen Begriff machen.

Bei der Aufzählung der Ursachen, welche Störungen in der Gestalt der Isotherme hervorbringen, unterscheide ich die temperaturerhöhenden und temperaturvermindernden Ursachen. Zu der ersten Klasse gehören: die Nähe einer Westküste in der gemäßigten Zone; die in Halbinseln zerschnittene Gestaltung eines Kontinents, seine tiefeintretenden Busen und Binnenmeere; die Orientierung, d. h. das Stellungsverhältnis eines Teils der Feste, entweder zu einem eisfreien Meere, das sich über den Polarkreis hinaus erstreckt, oder zu einer Masse kontinentalen Landes von beträchtlicher Ausdehnung, welches zwischen denselben Meridianen unter dem Aequator oder wenigstens in einem Teile der tropischen Zone liegt; ferner das Vorherrschen von Süd- und Westwinden an der westlichen Grenze eines Kontinents in der gemäßigten nördlichen Zone; Gebirgsketten, die gegen Winde aus kälteren Gegenden als Schutzmauern dienen; die Seltenheit von Sümpfen, die im Frühjahr und Anfang des Sommers lange mit Eis belegt bleiben, und der Mangel an Wäldern in einem trockenen Sandboden; endlich die stete Heiterkeit des Himmels in den Sommermonaten und die Nähe eines pelagischen Stromes, wenn er Wasser von einer höheren Temperatur, als das umliegende Meer, herbeiführt.

Zu den, die mittlere Jahrestemperatur verändernden, kälteerregenden Ursachen zähle ich: die Höhe eines Ortes über dem Meeresspiegel, ohne daß bedeutende Hochebenen auftreten; die Nähe einer Ostküste in hohen und mittleren Breiten, die massenartige (kompakte) Gestaltung eines Kontinents ohne Küstenkrümmung und Busen, die weite Ausdehnung der Feste nach den Polen hin bis zu der Region des ewigen Eises (ohne daß ein im Winter offen bleibendes Meer dazwischen liegt); eine Position geographischer Länge, in welcher der Aequator und die Tropenregion dem Meere zugehören, d. i. den Mangel eines festen, sich stark erwärmenden, wärmestrahlenden Tropenlandes zwischen denselben Meridianen als die Gegend, deren Klima ergründet werden soll; Gebirgsketten, deren mauerartige Form und Richtung den Zutritt warmer

Winde verhindert, oder die Nähe isolierter Gipfel, welche längs ihren Abhängen herabsinkende kalte Luftströme verursachen; ausgedehnte Wälder, welche die Insolation des Bodens hindern, durch Lebensthätigkeit der appendikulären Organe (Blätter) große Verdunstung wässeriger Flüssigkeit hervorbringen, mittels der Ausdehnung dieser Organe die durch Ausstrahlung sich abkühlende Oberfläche vergrößern, und also dreifach: durch Schattenkühle, Verdunstung und Strahlung, wirken; häufiges Vorkommen von Sümpfen, welche im Norden bis in die Mitte des Sommers eine Art unterirdischer Gletscher in der Ebene bilden; einen nebeligen Sommerhimmel, der die Wirkung der Sonnenstrahlen auf ihrem Wege schwächt; endlich einen sehr heiteren Winterhimmel, durch welchen die Wärmestrahlung begünstigt wird.

Die gleichzeitige Thätigkeit der störenden (erwärmenden oder erkältenden) Ursachen bestimmt als Totaleffekt (besonders durch Verhältnisse der Ausdehnung und Konfiguration zwischen den undurchsichtigen kontinentalen und den flüssigen ozeanischen Massen) die Inflexionen der auf die Erdoberfläche projizierten Isothermen. Die Perturbationen erzeugen die konvexen und konkaven Scheitel der isothermen Kurven. Es gibt aber störende Ursachen verschiedener Ordnung; jede derselben muß anfangs einzeln betrachtet werden; später, um den Totaleffekt auf die Bewegung (Richtung, örtliche Krümmung) der Isothermenlinie zu ergründen, muß gefunden werden, welche dieser Wirkungen, miteinander verbunden, sich modifizieren, vernichten oder aufhäufen (verstärken): wie das bekanntlich bei kleinen Schwingungen geschieht, die sich begegnen und durchkreuzen. So ist der Geist der Methode, der es, wie ich mir schmeichle, einst möglich werden wird, unermeßliche Reihen scheinbar isoliert stehender Thatsachen miteinander durch empirische, numerisch ausgedrückte Gesetze zu verbinden und die Notwendigkeit ihrer gegenseitigen Abhängigkeit zu erweisen.

Da als Gegenwirkung der Passate (der Ostwinde der Tropenzone) in beiden gemäßigten Zonen West- oder West-Süd-West-Winde die herrschenden Luftströmungen sind und da diese für eine Ostküste Land-, für eine Westküste Seewinde sind (d. h. über eine Fläche streichen, die wegen ihrer Masse und des Herabsinkens der erkalteten Wasserteilchen keiner großen Erkältung fähig ist); so zeigen sich, wo nicht ozeanische Strömungen dem Litorale nahe auf die Temperatur einwirken,

die Ostküsten der Kontinente kälter als die Westküsten. Cooks junger Begleiter auf der zweiten Erdumsegelung, der geistreiche Georg Forster, welchem ich die lebhafteste Anregung zu weiten Unternehmungen verdanke, hat zuerst auf eine recht bestimmte Weise auf die Temperaturunterschiede der Ost- und Westküsten in beiden Kontinenten, wie auf die Temperaturähnlichkeit der Westküste von Nordamerika in mittleren Breiten mit dem westlichen Europa aufmerksam gemacht.

Selbst in nördlichen Breiten geben sehr genaue Beobachtungen einen auffallenden Unterschied zwischen der mittleren Jahrestemperatur der Ost- und Westküste von Amerika. Diese Temperatur ist zu Nain in Labrador (Br. 57° 10′) volle 3°,8 unter dem Gefrierpunkte, während sie an der Nordwestküste in Neu-Archangelsk im russischen Amerika (Br. 57° 3′) noch 6°,9 über dem Gefrierpunkte ist. An dem ersten Orte erreicht die mittlere Sommertemperatur kaum 6°,2, während sie am zweiten noch 13°,8 ist. Peking (39° 54′) an der Ostküste von Asien hat eine mittlere Jahrestemperatur (11°,3), die über 5° geringer ist als die des etwas nördlicher liegenden Neapels. Die mittlere Temperatur des Winters in Peking ist wenigstens 3° unter dem Gefrierpunkt, wenn sie im westlichen Europa, selbst zu Paris (48° 50′), volle 3°,3 über dem Gefrierpunkt erreicht. Peking hat also eine mittlere Winterkälte, die 2½° größer ist als das 17 Breitengrade nördlichere Kopenhagen.

Wir haben schon oben der Langsamkeit gedacht, mit welcher die große Wassermasse des Ozeans den Temperaturveränderungen der Atmosphäre folgt, und wie dadurch das Meer temperaturausgleichend wirkt. Es mäßigt dasselbe gleichzeitig die Rauheit des Winters und die Hitze des Sommers. Daraus entsteht ein zweiter wichtiger Gegensatz: der zwischen dem Insel- oder Küstenklima, welches alle gegliederte, busen- und halbinselreiche Kontinente genießen, und dem Klima des Inneren großer Massen festen Landes. Dieser merkwürdige Gegensatz ist in seinen mannigfaltigen Erscheinungen, in seinem Einflusse auf die Kraft der Vegetation und das Gedeihen des Ackerbaues, auf die Durchsichtigkeit des Himmels, die Wärmestrahlung der Erdoberfläche und die Höhe der ewigen Schneegrenze zuerst in Leopold von Buchs Werken vollständig entwickelt worden. Im Inneren des asiatischen Kontinents haben Tobolsk, Barnaul am Obi und Irkutsk Sommer wie in Berlin, Münster und Cherbourg in der Normandie; aber

diesen Sommern folgen Winter, in welchen der kälteste Monat die schreckhafte Mitteltemperatur von — 18° bis — 20° hat. In den Sommermonaten sieht man wochenlang das Thermometer auf 30° und 31°. Solche Kontinentalklimate sind daher mit Recht von dem, auch in Mathematik und Physik so erfahrenen Buffon exzessive genannt worden; und die Einwohner, welche in Ländern der exzessiven Klimate leben, scheinen fast verdammt, wie Dante im Purgatorio singt,

a sofferir tormenti caldi e geli.

Ich habe in keinem Erdteile, selbst nicht auf den kanarischen Inseln oder in Spanien oder im südlichen Frankreich, herrlicheres Obst, besonders schönere Weintrauben, gesehen als in Astrachan nahe den Ufern des Kaspischen Meeres (46° 21'). Bei einer mittleren Temperatur des Jahres von etwa 9° steigt die mittlere Sommerwärme auf 21°,2, wie um Bordeaux, während nicht bloß dort, sondern noch weiter südlich, zu Kislar an der Terekmündung (in den Breiten von Avignon und Rimini), das Thermometer im Winter auf — 25° und — 30° herabsinkt.

Irland, Guernsey und Jersey, die Halbinsel Bretagne, die Küsten der Normandie und des südlichen Englands liefern durch die Milde ihrer Winter, die niedrige Temperatur und den nebelverschleierten Himmel ihrer Sommer den auffallendsten Kontrast mit dem Kontinentalklima des inneren östlichen Europas. Im Nordosten Irlands (54° 50') unter einer Breite mit Königsberg in Preußen, vegetiert die Myrte üppig wie in Portugal. Der Monat August, welcher in Ungarn 21° erreicht, hat in Dublin (auf derselben Isotherme von 9½°) kaum 16°; die mittlere Winterwärme, die in Ofen zu — 2°,1 herabsinkt, ist in Dublin (bei der geringen Jahreswärme von 9°,5) noch 4°,3 über dem Gefrierpunkt, d. i. noch 2° höher als in Mailand, Pavia, Padua und der ganzen Lombardei, wo die mittlere Jahreswärme volle 12°,7 erreicht. Auf den Orkney-Inseln (Stromneß), keinen halben Grad südlicher als Stockholm, ist der Winter 4°, also wärmer als in Paris, fast so warm als in London. Selbst auf den Faröer-Inseln in 62° Breite gefrieren unter dem begünstigenden Einflusse der Westwinde und des Meeres die Binnenwasser nie. An der lieblichen Küste von Devonshire, wo der Hafen Salcombe wegen seines milden Klimas das Montpellier des Nordens genannt worden ist, hat man Agave mexicana

im Freien blühen, Orangen, die an Spalieren gezogen und kaum mit Matten geschützt wurden, Früchte tragen sehen. Dort, wie zu Penzance und Gosport und an der Küste der Normandie zu Cherbourg steigt die mittlere Wintertemperatur über 5°,5, d. i. nur 1°,3 weniger hoch als die Winter von Montpellier und Florenz. Die hier angedeuteten Verhältnisse zeigen, wie wichtig für die Vegetation, den Ackerbau, die Obstkultur und das Gefühl klimatischer Behaglichkeit die so verschiedene Verteilung einer und derselben mittleren Jahrestemperatur unter die verschiedenen Jahreszeiten ist.

Die Linien, welche ich Isochimenen und Isotheren (Linien gleicher Winter- und Sommerwärme) nenne, sind keineswegs den Isothermen (Linien gleicher Jahrestemperatur) parallel. Wenn da, wo Myrten wild wachsen und die Erde sich im Winter nie bleibend in Schnee einhüllt, die Temperatur des Sommers und Herbstes nur noch (man möchte fast sagen: kaum noch) hinlänglich ist, Aepfel zur vollen Reife zu bringen, wenn die Weinrebe, um trinkbaren Wein zu geben, die Inseln und fast alle Küsten (selbst die westlichen) flieht, so liegt der Grund davon keineswegs allein in der geringeren Sommerwärme des Litorales, die unsere im Schatten der Luft ausgesetzten Thermometer anzeigen; er liegt in dem bisher so wenig beachteten und doch in anderen Erscheinungen (der Entzündung eines Gemisches von Chlor und Wasserstoffgas) so wirksamen Unterschiede des direkten und zerstreuten Lichtes, bei heiterem oder durch Nebel verschleiertem Himmel. Ich habe seit langer Zeit [230] die Aufmerksamkeit der Physiker und Pflanzen-Physiologen auf diese Unterschiede, auf die ungemessene örtlich in der belebten Pflanzenzelle durch direktes Licht entwickelte Wärme zu leiten gesucht.

Wenn man in der thermischen Skale der Kulturarten von denen anhebt, die das heißeste Klima erfordern, also von der Vanille, dem Kakao, dem Pisang und der Kokospalme zu Ananas, Zuckerrohr, Kaffee, fruchttragenden Dattelbäumen, Baumwolle, Zitronen, Oelbaum, echten Kastanien, trinkbaren Weinen herabsteigt, so lehrt die genaue geographische Betrachtung der Kulturgrenzen gleichzeitig in der Ebene und an dem Abhange der Berge, daß hier andere klimatische Verhältnisse als die mittlere Temperatur des Jahres wirken. Um nur des einzigen Beispiels des Weinbaues zu erwähnen, so erinnere ich, daß, um trinkbaren [231] Wein hervorzubringen, nicht bloß die Jahreswärme 9½° übersteigen, sondern auch

einer Wintermilde von mehr als + 0°,5 eine mittlere Sommertemperatur von wenigstens 18° folgen muß. Bei Bordeaux am Flußthal der Garonne (Br. 44° 50′) sind die Temperaturen des Jahres, des Winters, des Sommers und des Herbstes 13°,8, 6°,2, 21°,7 und 14°,4. In den baltischen Ebenen (Br. 52½°), wo ungenießbare Weine erzeugt, und doch getrunken werden, sind diese Zahlen 8°,6, — 0°,7, 17°,6 und 8°,6. Wenn es befremdend scheinen kann, daß die großen Verschiedenheiten, welche die vom Klima begünstigte oder erschwerte Weinkultur zeigt, sich nicht noch deutlicher in unseren Thermometerangaben offenbaren, so wird diese Befremdung durch die Betrachtung vermindert, daß ein im Schatten beobachtetes, gegen die Wirkungen der direkten Insolation und nächtlichen Strahlung fast geschütztes Thermometer nicht in allen Teilen des Jahres bei periodischen Wärmeveränderungen die wahre oberflächliche Temperatur des die ganze Insolation empfangenden Bodens anzeigt.

Wie das milde, jahrzeitengleichere Küstenklima der Halbinsel Bretagne sich zum winterkälteren und sommerheißeren Klima der übrigen kompakten Ländermasse von Frankreich verhält, so verhält sich gewissermaßen Europa zum großen Festlande von Asien, dessen westliche Halbinsel es bildet. Europa verdankt sein sanfteres Klima der Existenz und Lage von Afrika, das in weiter Ausdehnung, den aufsteigenden Luftstrom begünstigend, einen festen wärmestrahlenden Boden der Tropenregion darbietet, während südlich von Asien die Aequatorialgegend meist ganz ozeanisch ist; seiner Gliederung und Meeresnähe an der westlichen Küste der alten Feste, dem eisfreien Meere, da, wo es sich gegen Norden ausdehnt. Europa würde demnach kälter werden, wenn Afrika, vom Meere überflutet, unterginge; wenn die mythische Atlantis auftiege und Europa mit Nordamerika verbände; wenn der wärmende Golfstrom nicht in die nördlichen Meere sich ergösse; oder wenn ein anderes festes Land sich, vulkanisch gehoben, zwischen die skandinavische Halbinsel und Spitzbergen einschöbe. Sieht man in Europa die mittleren Jahrestemperaturen sinken, indem man unter denselben Parallelkreisen von der atlantischen Küste, von Frankreich aus durch Deutschland, Polen und Rußland gegen die Uralkette, also von Westen nach Osten fortschreitet, so ist die Hauptursache dieses Erkältungsphänomens in der nach und nach minder gegliederten, kompakteren, an Breite zunehmenden Form des Kontinents, in der Entfernung des kältemindernden Meeres,

wie in dem schwächeren Einflusse der Westwinde zu suchen. Jenseits des Urals werden diese Westwinde schon erkältende Landwinde, wenn sie über weite mit Eis und Schnee bedeckte Länderstrecken fortwehen. Die Kälte des westlichen Sibiriens wird durch solche Verhältnisse der Ländergestaltung und Luftströmung keineswegs[232] aber, wie schon Hippokrates und Trogus Pompejus annahmen und noch berühmte Reisende des 18. Jahrhunderts fabelten, durch große Höhe des Bodens über dem Meeresspiegel erzeugt.

Wenn wir von der Temperaturverschiedenheit in der Ebene zu den Unebenheiten der polyedrischen Gestalt der Oberfläche unseres Planeten übergehen, so betrachten wir die Gebirge entweder nach ihrem Einfluß auf das Klima der benachbarten Tiefländer oder nach den Einwirkungen, die sie infolge der hypsometrischen Verhältnisse auf ihre eigenen, oft in Hochebenen erweiterten Gipfel ausüben. Die Gruppierung der Berge in Bergketten teilt die Erdoberfläche in verschiedene Becken, in oft eng umwallte Rundthäler, zirkusartige Kessel, die (wie in Griechenland und in einem Teile von Kleinasien) das Klima örtlich in Hinsicht auf Wärme, Feuchtigkeit und Durchsichtigkeit der Luft, auf Häufigkeit der Winde und der Gewitter individualisieren. Diese Umstände haben von jeher einen mächtigen Einfluß ausgeübt auf die Natur der Erzeugnisse und die Wahl der Kulturen, auf Sitten, Verfassungsformen und Abneigung benachbarter Volksstämme gegeneinander. Der Charakter der geographischen Individualität erreicht sozusagen da sein Maximum, wo die Verschiedenheiten der Bodengestaltung in vertikaler und horizontaler Richtung, im Relief und in der Gliederung der Kontinente die möglich größten sind. Mit solchen Bodenverhältnissen kontrastieren die Steppen des nördlichen Asiens, die Grasebenen (Savanen, Llanos und Pampas) des Neuen Kontinents, die Heideländer (ericeta) Europas, die Sand- und Steinwüsten von Afrika.

Das Gesetz der mit der Höhe abnehmenden Wärme unter verschiedenen Breiten ist einer der wichtigsten Gegenstände für die Kenntnis meteorologischer Prozesse, für die Geographie der Pflanzen, die Theorie der irdischen Strahlenbrechung und die verschiedenen Hypothesen, welche sich auf die Bestimmung der Höhe der Atmosphäre beziehen. Bei den vielen Bergreisen, die ich in und außerhalb der Tropen habe unternehmen können, ist die Ergründung dieses Gesetzes ein vorzüglicher Gegenstand meiner Untersuchungen gewesen.

Seitdem man die wahren Verhältnisse der Wärmeverteilung auf der Oberfläche der Erde, d. i. die Inflexionen der Isothermen und Isotheren und den ungleichen Abstand derselben voneinander, in den verschiedenen östlichen und westlichen Temperatursystemen von Asien, Mitteleuropa und Nordamerika, etwas genauer kennt, darf man nicht mehr im allgemeinen die Frage aufwerfen, welcher Bruchteil der mittleren Jahres- oder Sommerwärme einer Veränderung der geographischen Breite von 1° entspricht, wenn man auf demselben Meridian fortschreitet. In jedem Systeme gleicher Krümmung der Isothermen herrscht ein inniger und notwendiger Zusammenhang zwischen drei Elementen: der Wärmeabnahme in senkrechter Richtung von unten nach oben, der Temperaturverschiedenheit bei einer Aenderung von 1° in der geographischen Breite, der Gleichheit der mittleren Temperatur einer Bergstation und der Polardistanz eines im Meeresspiegel gelegenen Punktes.

In dem ostamerikanischen Systeme verändert sich die mittlere Jahrestemperatur von der Küste von Labrador bis Boston jeden Breitengrad um 0°,88, von Boston bis Charleston um 0°,95, von Charleston bis zum Wendekreise des Krebses in Cuba hin wird die Veränderung aber langsamer; sie ist dort nur 0°,66. In der Tropenzone selbst nimmt die Langsamkeit dergestalt zu, daß von der Havana bis Cumana die einem Breitengrade zukommende Variation nur noch 0°,20 beträgt.

Ganz anders ist es in dem System der Isothermen von Mitteleuropa. Zwischen den Parallelen von 38° und 71° finde ich die Temperaturabnahme sehr übereinstimmend ½ Grad für einen Breitengrad. Da nun in demselben Mitteleuropa die Abnahme der Wärme 1° in 80 bis 87 Toisen (480 bis 522 Fuß = 160 bis 170 m) senkrechter Höhe beträgt, so ergibt sich hieraus, daß 40 bis 44 Toisen (240 bis 264 Fuß = 80 bis 86 m) der Erhebung über dem Meeresspiegel dort einem Breitengrad entsprechen. Die mittlere Jahrestemperatur des Bernhard-Klosters, das 1278 Toisen (7668 Fuß = 2490 m) hoch in 45° 50′ Breite liegt, würde sich also in der Ebene bei einer Breite von 75° 50′ wiederfinden.

In dem Teil der Andeskette, welcher in die Tropenzone fällt, haben meine bis zu 18000 Fuß (5850 m) Höhe angestellten Beobachtungen die Wärmeabnahme von 1° auf 96 Toisen (576 Fuß = 187 m) gegeben; mein Freund

Boussingault hat 30 Jahre später als Mittelresultat 90 Toisen (540 Fuß = 175 m) gefunden. Durch Vergleichung der Orte, welche in den Kordilleren in gleicher Höhe über dem Meere am Abhange selbst oder in weit ausgedehnten Hochebenen liegen, habe ich in den letzteren eine Zunahme der Jahrestemperatur von 1°,5 bis 2°,3 beobachtet. Ohne die nächtliche erkältende Wärmestrahlung würde der Unterschied noch größer sein. Da die Klimate schichtenweise übereinander gelagert sind, von den Kataowäldern des Tieflandes bis zum ewigen Schnee, und da die Wärme in der Tropenzone während des ganzen Jahres sich nur sehr wenig ändert, so kann man sich eine ziemlich genaue Vorstellung von den Temperaturverhältnissen machen, welchen die Bewohner der großen Städte in der Andeskette ausgesetzt sind, wenn man diese Verhältnisse mit der Temperatur gewisser Monate in den Ebenen von Frankreich und Italien vergleicht. Während daß an den Waldufern des Orinoko täglich eine Wärme herrscht, welche um 4° die des Monats August zu Palermo übertrifft, findet man, indem man die Andeskette ersteigt, zu Popayan (911 t = 1793 m) die drei Sommermonate von Marseille, zu Quito (1492 t = 2908 m) das Ende des Monats Mai zu Paris, und auf den mit krüppeligem Alpengesträuch bewachsenen, aber noch blütenreichen Paramos (1800 t = 3507 m) den Anfang des Monats April zu Paris.

Der scharfsinnige Peter Martyr de Anghiera, einer der Freunde von Christoph Kolumbus, ist wohl der erste gewesen, welcher (nach der im Oktober 1510 unternommenen Expedition von Rodrigo Enrique Colmenares) erkannt hat, daß die Schneegrenze immer höher steigt, je mehr man sich dem Aequator nähert. Ich lese in dem schönen Werke De rebus Oceanicis: [238] „Der Fluß Gaira kommt von einem Berge (in der Sierra Nevada de Santa Marta) herab, welcher nach Aussage der Reisegefährten des Colmenares höher ist als alle bisher entdeckten Berge. Er muß es ohne Zweifel sein, wenn er in einer Zone, die von der Aequinoktiallinie höchstens 10° absteht, den Schnee dauernd behält." Die untere Grenze des ewigen Schnees in einer gegebenen Breite ist die Sommergrenze der Schneelinie, d. i. das Maximum der Höhe, bis zu welcher sich die Schneelinie im Laufe des ganzen Jahres zurückzieht. Man muß von dieser Höhe drei andere Phänomene unterscheiden: die jährliche Schwankung der Schneegrenze, das Phänomen des sporadischen Schneefalles und das der

Gletscher, welche der gemäßigten und kalten Zone eigentümlich scheinen, und über welche, nach Saussures unsterblichem Werke über die Alpen, in diesen letzten Jahren Venetz, Charpentier und mit ruhmwürdiger, gefahrentrotzender Ausdauer Agassiz neues Licht verbreitet haben.

Wir kennen nur die untere, nicht die obere Grenze des ewigen Schnees; denn die Berge der Erde steigen nicht hinauf bis zu der ätherisch-olympischen Höhe, zu den dünnen, trockenen Luftschichten, von welchen man mit Bouguer vermuten kann, daß sie nicht mehr Dunstbläschen in Eiskristalle verwandelt, dem Auge sichtbar darbieten würden. Die untere Schneegrenze ist aber nicht bloß eine Funktion der geographischen Breite oder der mittleren Jahrestemperatur; der Aequator, ja selbst die Tropenregion ist nicht, wie man lange gelehrt hat, der Ort, an welchem die Schneegrenze ihre größte Erhebung über dem Niveau des Ozeans erreicht. Das Phänomen, das wir hier berühren, ist ein sehr zusammengesetztes: im allgemeinen von Verhältnissen der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Berggestaltung abhängig. Unterwirft man diese Verhältnisse einer noch spezielleren Analyse, wie eine große Menge neuerer Messungen[234] es erlauben, so erkennt man als gleichzeitig bestimmende Ursachen, die Temperaturdifferenz der verschiedenen Jahreszeiten, die Richtung der herrschenden Winde und ihre Berührung mit Meer und Land, den Grad der Trockenheit oder Feuchtigkeit der oberen Luftschichten, die absolute Größe (Dicke) der gefallenen und aufgehäuften Schneemassen, das Verhältnis der Schneegrenze zur Gesamthöhe des Berges, die relative Stellung des letzteren in der Bergkette, die Schroffheit der Abhänge, die Nähe anderer, ebenfalls perpetuierlich mit Schnee bedeckter Gipfel, die Ausdehnung, Lage und Höhe der Ebene, aus welcher der Schneeberg isoliert oder als Teil einer Gruppe (Kette) aufsteigt und die eine Seeküste oder der innere Teil eines Kontinents, bewaldet oder eine Grasflur, sandig und dürr und mit nackten Felsplatten bedeckt oder ein feuchter Moorboden sein kann.

Während daß die Schneegrenze in Südamerika unter dem Aequator eine Höhe erreicht, welche der des Gipfels des Montblanc in der Alpenkette gleich ist, und sie im Hochlande von Mexiko gegen den nördlichen Wendekreis hin, in 19° Breite nach neueren Messungen, sich ungefähr um 960 Fuß (312 m) senkt, steigt sie nach Pentland in der südlichen Tropenzone

(Br. 40°,5 bis 18°), nicht in der östlichen, sondern in der meernahen westlichen Andeskette von Chile, mehr als 2500 Fuß (812 m) höher als unter dem Aequator unsern Quito, am Chimborazo, am Cotopaxi und am Antisana. Der Dr. Gillies behauptet sogar noch weit südlicher, am Abhange des Vulkans von Peuquenes (Br. 33°), die Schneehöhe bis zwischen 2270 und 2350 Toisen (4424 und 4580 m) Höhe gefunden zu haben. Die Verdunstung des Schnees bei der Strahlung in einer im Sommer überaus trockenen Luft gegen einen wolkenfreien Himmel ist so mächtig, daß der Vulkan von Aconcagua nordöstlich von Valparaiso (Br. 32°,5), welchen die Expedition des Beagle noch um mehr als 1400 Fuß (454 m) höher als den Chimborazo fand, einst ohne Schnee gesehen wurde[235].

In der fast gleichen nördlichen Breite (30°,75 bis 31°) am Himalaya liegt die Schneegrenze am südlichen Abhange ungefähr in der Höhe (2030 Toisen oder 12 180 Fuß = 3956 m), in welcher man sie nach mehrfachen Kombinationen und Vergleichungen mit anderen Bergketten vermuten konnte; am nördlichen Abhange aber, unter der Einwirkung des Hochlandes von Tibet, dessen mittlere Erhebung an 1800 Toisen (10 800 Fuß = 3507 m) zu sein scheint, liegt die Schneegrenze 2600 Toisen (15 600 Fuß = 5067 m) hoch. Diese in Europa und Indien oft bestrittene Erscheinung, über deren Ursachen ich seit dem Jahre 1820 meine Ansichten in mehreren Schriften entwickelt habe[236], gewährt mehr als ein bloß physikalisches Interesse; sie hat einen wichtigen Einfluß auf das Leben zahlreicher Volksstämme ausgeübt. Meteorologische Prozesse des Luftkreises gestatten und entziehen dem Ackerbau oder dem Hirtenleben weite Erdstriche eines Kontinents.

Da mit der Temperatur die Dampfmenge des Luftkreises zunimmt, so ist dieses für die ganze organische Schöpfung so wichtige Element nach Stunden des Tages, nach den Jahreszeiten, Breitengraden und Höhen verschieden. Das neuerlichst so allgemein verbreitete Verfahren, durch Anwendung von Augusts Psychrometer, nach Daltons und Daniells Ideen, vermittelst des Unterschiedes des Taupunkts und der Luftwärme die relative Dampfmenge oder den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu bestimmen, hat unsere Kenntnis der hygrometrischen Verhältnisse der Erdoberfläche ansehnlich vermehrt. Temperatur, Luftdruck und Windrichtung stehen im innigsten Zusammenhange mit der belebenden Feuchtigkeit der Luft-

schichten. Diese Belebung ist aber nicht sowohl Folge der unter verschiedenen Zonen aufgelösten Dampfmenge, sondern der Art und Frequenz der Niederschläge als Tau, Nebel, Regen und Schnee, welche den Boden benetzen. Nach der Ermittelung des Drehungsgesetzes von Dove und den Ansichten dieses ausgezeichneten Physikers ist in unserer nördlichen Zone „die Elastizität des Dampfes am größten bei Südwestwind, am kleinsten bei Nordostwind. Auf der Westseite der Windrose vermindert sie sich und steigt hingegen auf der Ostseite. Auf der Westseite nämlich verdrängt der kalte, schwere, trockene Luftstrom den warmen, leichten, viel Wasserdampf enthaltenden, während auf der Ostseite dieser durch jenen verdrängt wird. Der Südweststrom ist der durchgedrungene Aequatorialstrom, der Nordoststrom der allein herrschende Polarstrom".

Das anmutig frische Grün vieler Bäume, welches man in solchen Gegenden der Tropenländer bemerkt, wo fünf bis sieben Monate lang kein Gewölk am Himmelsgewölbe aufsteigt, wo bemerkbar kein Tau und Regen fallen, beweist, daß die appendikulären Teile (die Blätter) durch einen eigenen Lebensprozeß, welcher vielleicht nicht bloß der einer kälteerregenden Ausstrahlung ist, die Fähigkeit haben. Wasser der Luft zu entziehen. Mit den regenlosen, dürren Ebenen von Cumana, Coro und Ceare (Nordbrasilien) kontrastiert die Regenmenge, welche in anderen Tropengegenden fällt, z. B. in der Havana nach einem Durchschnitt von sechsjährigen Beobachtungen von Ramon de la Sagra im Mitteljahr 102 Pariser Zoll (2760 mm), vier- bis fünfmal so viel als in Paris und Genf[237]. An dem Abhange der Andeskette nimmt mit der Höhe wie die Temperatur so auch die Regenmenge[238] ab. Sie ist von meinem südamerikanischen Reisegefährten Caldas in Santa Fé de Bogota, auf einer Höhe von fast 8200 Fuß (2664 m), nicht über 37 Zoll (752 mm), also wenig größer wie an einigen westlichen Küsten von Europa, gefunden worden. Boussingault sah bisweilen in Quito bei einer Temperatur von 12° bis 13° das Saussuresche Hygrometer auf 26° zurück gehen. In 6600 Fuß (2143 m) hohen Luftschichten (bei einer Temperatur von 4°) sah Gay-Lussac in seiner großen akrostatischen Aszension an demselben Feuchtigkeitsmesser auch 25°,3. Die größte Trockenheit, die man bisher auf der Erde in den Tiefländern beobachtet hat, ist wohl die, welche wir, Gustav Rose, Ehrenberg und ich, im nördlichen Asien fanden, zwischen

den Flußthälern des Irtysch und Obi. In der Steppe Platowskaja, nachdem die Südwestwinde lange aus dem Inneren des Kontinents geweht hatten, bei einer Temperatur von 23°,7, fanden wir den Taupunkt 4°,3 unter dem Gefrierpunkt. Die Luft enthielt nur noch 0,16 Wasserdampf. Gegen die größere Trockenheit der Bergluft, welche aus Saussures und meinen Hygrometermessungen in der hohen Region der Alpen und der Kordilleren zu folgen scheint, haben in diesen letzten Jahren genaue Beobachter, Kämtz, Bravais und Martins, Zweifel erregt. Man verglich die Luftschichten in Zürich und auf dem freilich nur in Europa hoch zu nennenden Faulhorn. Die Nässe, durch welche in der Tropenregion der Paramos (nahe der Gegend, wo Schnee zu fallen beginnt, zwischen 11 000 und 12 000 Fuß = 3570 bis 3900 m Höhe) einige Arten von großblütigen, myrtenblätterigen Alpensträuchen fast perpetuierlich getränkt werden, zeugt nicht eigentlich für das Dasein einer großen absoluten Menge des Wasserdunstes in jener Höhe; diese Nässe beweist nur, wie der häufige Nebel auf dem schönen Plateau von Bogota, die Frequenz der Niederschläge. Nebelschichten in solchen Höhen entstehen und verschwinden bei ruhiger Luft mehrmals in einer Stunde. Solcher schnelle Wechsel charakterisiert die Hochebenen und Paramos der Andeskette.

Die Elektrizität des Luftkreises, man mag sie in den unteren Regionen oder in der hohen Wolkenhülle betrachten, problematisch in ihrem stillen periodischen täglichen Gange wie in den Explosionen des leuchtenden und krachenden Ungewitters, steht in vielfachem Verkehr mit allen Erscheinungen der Wärmeverteilung, des Drucks der Atmosphäre und ihrer Störungen, der Hydrometeore, wahrscheinlich auch des Magnetismus der äußersten Erdrinde. Sie wirkt mächtig ein auf die ganze Tier- und Pflanzenwelt, nicht etwa bloß durch meteorologische Prozesse, durch Niederschläge von Wasserdämpfen, Säuren oder ammoniakalischen Verbindungen, die sie veranlaßt, sondern auch unmittelbar als elektrische (nervenreizende oder Saftumlauf befördernde) Kraft. Es ist hier nicht der Ort, den Streit über die eigentliche Quelle der Luftelektrizität bei heiterem Himmel zu erneuern, welche bald der Verdampfung unreiner (mit Erden und Salzen geschwängerter) Flüssigkeiten, bald dem Wachstum der Pflanzen oder anderen chemischen Zersetzungen auf der Oberfläche der Erde, bald der ungleichen Wärmeverteilung in den Luft-

schichten, bald endlich, nach Peltiers scharfsinnigen Untersuchungen, der Einwirkung einer stets negativen Ladung des Erdballs zugeschrieben worden ist. Auf die Resultate beschränkt, welche elektrometrische Beobachtungen, besonders die zuerst von Colladon vorgeschlagene sinnreiche Anordnung eines elektromagnetischen Apparats, gegeben haben, soll die physische Weltbeschreibung die mit der Höhe und der baumfreien Umgebung der Station unbestreitbar zunehmende Stärke der allgemeinen positiven Luftelektrizität, ihre tägliche Ebbe und Flut (nach Clarkes Dubliner Versuchen in verwickelteren Perioden, als Saussure und ich sie gefunden), die Unterschiede der Jahreszeiten, des Abstandes vom Aequator, der kontinentalen und ozeanischen Oberflächen angeben.

Wenn im ganzen da, wo das Luftmeer einen flüssigen Boden hat, das elektrische Gleichgewicht seltener gestört ist als in der Landluft, so ist es um so auffallender, zu sehen, wie in weiten Meeren kleine Inselgruppen auf den Zustand der Atmosphäre einwirken und die Bildung der Gewitter veranlassen. Im Nebel und bei anfangendem Schneefall habe ich in langen Reihen von Versuchen die vorher permanente Glaselektrizität schnell in resinöse übergehen und mehrfach abwechseln sehen, sowohl in den Ebenen der kalten Zone als unter den Tropen in den Paramos der Kordilleren, zwischen 10 000 und 14 000 Fuß (3250 bis 4550 m) Höhe. Der wechselnde Uebergang war dem ganz gleich, welchen die Elektrometer kurz vor und während des Gewitters angeben[239]. Haben die Dunstbläschen sich zu Wolken mit bestimmten Umrissen kondensiert, so vermehrt sich nach Maßgabe der Verdichtung die elektrische Spannung der äußeren Hülle oder Oberfläche[240], auf welche die Elektrizität der einzelnen Dunstbläschen überströmt. Die schiefergrauen Wolken haben nach Peltiers zu Paris angestellten Versuchen Harz-, die weißen, rosen- und orangefarbenen Wolken Glaselektrizität. Gewitterwolken umhüllen nicht bloß die höchsten Gipfel der Andeskette (ich selbst habe die verglasenden Wirkungen des Blitzes auf einem der Felstürme gefunden, welche in einer Höhe von fast 14 300 Fuß [4644 m] den Krater des Vulkans von Toluca überragen); auch über dem Tieflande, in der gemäßigten Zone, sind Gewitterwolken in einer vertikalen Höhe von 25 000 Fuß (8120 m) gemessen worden. Bisweilen senkt sich aber die donnernde Wolkenschicht bis zu 5000, ja zu 3000 Fuß Abstand über der Ebene herab.

Nach Aragos Untersuchungen, den umfassendsten, welche wir bisher über diesen schwierigen Teil der Meteorologie besitzen, sind die Lichtentbindungen (Blitze) dreierlei Art: zickzackförmige, scharf an den Rändern begrenzte; Blitze, die das ganze, sich gleichsam öffnende Gewölk erleuchten; Blitze in Form von Feuerkugeln. Wenn die ersteren beiden Arten kaum 0,001 der Sekunde dauern, so bewegen sich dagegen die globulären Blitze weit langsamer, ihre Erscheinung hat eine Dauer von mehreren Sekunden. Bisweilen (und neue Beobachtungen bestätigen das schon von Nicholson und Beccaria beschriebene Phänomen) werden ganz ohne vernehmbaren Donner, ohne Anzeige von Gewitter isolierte Wolken, welche hoch über dem Horizont stehen, ohne Unterbrechung auf lange Zeit leuchtend im Inneren und an den Rändern; auch hat man fallende Hagelkörner, Regentropfen und Schneeflocken ohne vorhergegangenen Donner leuchten gesehen. In der geographischen Verteilung der Gewitter bietet das peruanische Küstenland, in dem es nie blitzt und donnert, den auffallendsten Kontrast mit der ganzen übrigen Tropenzone dar, in welcher sich zu gewissen Jahreszeiten fast täglich, 4 bis 5 Stunden nach der Kulmination der Sonne, Gewitter bilden. Nach den vielen von Arago gesammelten Zeugnissen der Seefahrer (Scoresby, Parry, Roß, Franklin) ist nicht zu bezweifeln, daß im allgemeinen im hohen Norden zwischen 70° und 75° Breite elektrische Explosionen überaus selten[241] sind.

Der meteorologische Teil des Naturgemäldes, welchen wir hier beschließen, zeigt, daß alle Prozesse der Lichtabsorption, der Wärmeentbindung, der Elastizitätsveränderung, des hygrometrischen Zustandes und der elektrischen Spannung, welche das unermeßliche Luftmeer darbietet, so innig miteinander zusammenhangen, daß jeder einzelne meteorologische Prozeß durch alle anderen gleichzeitigen modifiziert wird. Diese Mannigfaltigkeit der Störungen, die unwillkürlich an diejenigen erinnern, welche in den Himmelsräumen die nahen und besonders die kleinsten Weltkörper (Trabanten, Kometen, Sternschnuppen) in ihrem Laufe erleiden, erschwert die Deutung der verwickelten meteorologischen Erscheinungen; sie beschränkt und macht größtenteils unmöglich die Vorherbestimmung atmosphärischer Veränderungen, welche für den Garten- und Landbau, für die Schiffahrt, für den Genuß und die Freuden des Lebens so wichtig wäre. Diejenigen, welche den Wert der Meteorologie nicht in die Kenntnis der Phänomene selbst,

sondern in jene problematische Vorherbestimmung setzen, sind von der festen Ueberzeugung durchdrungen, daß der Teil der Naturwissenschaft, um den so viele Reisen in ferne Berg gegenden unternommen worden sind, die Meteorologie, sich seit Jahrhunderten keiner Fortschritte zu rühmen habe. Das Vertrauen, das sie den Physikern entziehen, schenken sie dem Mondwechsel und gewissen lange berufenen Kalendertagen.

„Große Abweichungen von der mittleren Temperaturverteilung treten selten lokal auf, sie sind meist über große Länderstrecken gleichmäßig verteilt. Die Größe der Abweichung ist an einer bestimmten Stelle ein Maximum und nimmt dann nach den Grenzen hin ab. Werden diese Grenzen überschritten, so findet man starke Abweichungen im entgegengesetzten Sinne. Gleichartige Witterungsverhältnisse finden sich häufiger von Süden nach Norden als von Westen nach Osten. Am Ende des Jahres 1829 (als ich meine sibirische Reise vollendete) fiel das Maximum der Kälte nach Berlin, während Nordamerika sich einer ungewöhnlichen Wärme erfreute. Es ist eine ganz willkürliche Annahme, daß auf einen strengen Winter ein heißer Sommer, auf einen milden Winter ein kühler Sommer folge." Die so verschiedenartig entgegengesetzten Witterungsverhältnisse nebeneinanderliegender Länder oder zweier kornbauender Kontinente bringen eine wohlthätige Ausgleichung in den Preisen vieler Produkte des Wein- und Ackerbaues hervor. Man hat mit Recht bemerkt, daß das Barometer allein uns andeute, was in allen Luftschichten über dem Beobachtungsorte bis zur äußersten Grenze der Atmosphäre in der Veränderung des Druckes vorgeht, während das Thermometer und Psychrometer uns nur über die örtliche Wärme und Feuchtigkeit der unteren, dem Boden nahen Schicht unterrichtet. Die gleichzeitigen thermischen und hygrometrischen Modifikationen der oberen Luftregionen ergründen wir, wo unmittelbare Beobachtungen auf Bergen oder aerostatischen Reisen fehlen, nur aus hypothetischen Kombinationen, da das Barometer allerdings auch als Thermometer und Feuchtigkeitsbestimmer dienen kann. Wichtige Witterungsveränderungen haben nicht eine örtliche Ursache an dem Beobachtungsorte selbst; sie sind Folgen einer Begebenheit, die in weiter Ferne durch Störung des Gleichgewichts in den Luftströmungen begonnen hat, meist nicht an der Oberfläche der Erde, sondern in den höchsten Regionen, kalte oder warme, trockene oder feuchte Luft herbeiführend, die Durchsichtigkeit der Luft trübend

oder aufheiternd, die *getürmte Haufenwolke* in zartgefiederten Cirrus umwandelnd. Weil also Unzugänglichkeit der Erscheinungen sich zu der Vervielfältigung und Komplikation der Störungen gesellt, hat es mir immer geschienen, daß die Meteorologie ihr Heil und ihre Wurzel wohl zuerst in der heißen Zone suchen müsse, in jener glücklichen Region, wo stets dieselben Lüfte wehen, wo Ebbe und Flut des atmosphärischen Druckes, wo der Gang der Hydrometeore, wo das Eintreten elektrischer Explosionen *periodisch wiederkehrend* sind.

Nachdem wir, den ganzen Umfang des *anorganischen Erdenlebens* durchlaufend, den Planeten in seiner Gestaltung, seiner inneren Wärme, seiner elektromagnetischen Ladung, seinem Lichtprozesse an den Polen, seiner, *Vulkanismus* genannten Reaktion gegen die starre, mannigfach zusammengesetzte, äußere Rinde, endlich in den Erscheinungen seiner zweifachen äußeren Hüllen (des Ozeans und des Luftmeers) mit wenigen Zügen geschildert haben, könnte nach der älteren Behandlung der *physischen Erdbeschreibung* das Naturbild als vollendet betrachtet werden. Wo aber die Weltansicht zu einem höheren Standpunkte sich zu erheben strebt, würde jenes Naturbild seines anmutigsten Reizes beraubt erscheinen, wenn es uns nicht zugleich die Sphäre des *organischen Lebens* in den vielen Abstufungen seiner typischen Entwickelung darböte. Der Begriff der Belebtheit ist so an den Begriff von dem Dasein der treibenden, unablässig wirksamen, entmischend schaffenden Naturkräfte geknüpft, welche in dem Erdkörper sich regen, daß in den ältesten Mythen der Völker diesen Kräften die Erzeugung der Pflanzen und Tiere zugeschrieben, ja der Zustand einer unbelebten Oberfläche unseres Planeten in die chaotische Urzeit kämpfender Elemente hinaufgerückt wurde. In das empirische Gebiet objektiver sinnlicher Betrachtung, in die Schilderung des *Gewordenen*, des damaligen Zustandes unseres Planeten, gehören nicht die geheimnisvollen und ungelösten Probleme des *Werdens*.

Die *Weltbeschreibung*, nüchtern an die Realität gefesselt, bleibt nicht aus Schüchternheit, sondern nach der Natur ihres Inhaltes und ihrer Begrenzung den dunkeln Anfängen einer *Geschichte der Organismen*[242] fremd, wenn das Wort *Geschichte* hier in seinem gebräuchlichsten Sinne genommen wird. Aber die Weltbeschreibung darf auch daran mahnen, daß in der anorganischen Erdrinde dieselben Grund-

stoffe vorhanden sind, welche das Gerüste der Tier- und Pflanzenorgane bilden. Sie lehrt, daß in diesen wie in jener dieselben Kräfte walten, welche Stoffe verbinden und trennen, welche gestalten und flüssig machen in den organischen Geweben, aber Bedingungen unterworfen, die noch unergründet unter der sehr unbestimmten Benennung von *Wirkung der Lebenskräfte* nach mehr oder minder glücklich geahndeten Analogieen systematisch gruppiert werden. Der naturbeschauenden Stimmung unseres Gemütes ist es daher ein Bedürfnis, die physischen Erscheinungen auf der Erde bis zu ihrem äußersten Gipfel, bis zur Formentwickelung der Vegetabilien und der sich *selbst bestimmenden* Bewegung im tierischen Organismus zu verfolgen. So schließt sich die *Geographie des Organisch-Lebendigen* (Geographie der Pflanzen und Tiere) an die Schilderung der anorganischen Naturerscheinungen des Erdkörpers an.

Ohne hier die schwierige Frage zu erörtern über das „sich selbst Bewegende", d. h. über den Unterschied des vegetabilischen und tierischen Lebens, müssen wir zuerst nur darauf aufmerksam machen, daß, wenn wir von Natur mit mikroskopischer Sehkraft begabt, wenn die Integumente der Pflanzen vollkommen durchsichtig wären, das Gewächsreich uns nicht den Anblick von Unbeweglichkeit und *Ruhe* darbieten würde, in welcher es jetzt unseren Sinnen erscheint. Die inneren Teile des Zellenbaues der Organe sind unaufhörlich durch die verschiedenartigsten Strömungen belebt. Es sind: Rotationsströmungen, auf und ab steigend, sich verzweigend, ihre Richtungen verändernd, durch die Bewegung körnigen Schleims offenbart, in Wasserpflanzen (Najaden, Characeen, Hydrocharideen) und in den Haaren phanerogamischer Landpflanzen; eine wimmelnde, von dem großen Botaniker Robert Brown entdeckte Molekularbewegung, welche freilich außerhalb der Organe bei jeder äußersten Teilung der Materie ebenfalls bemerkbar wird; die kreisende Strömung der Milchsaftkügelchen (*Cyklose*) in einem System eigener Gefäße; endlich die sonderbaren, sich entrollenden, gegliederten Fadengefäße in den Antheridien der Chara und den Reproduktionsorganen der Lebermoose und Tangarten, in welchen der der Wissenschaft zu früh entrissene Meyen ein Analogon der Spermatozoen der animalischen Schöpfung zu erkennen glaubte. Zählen wir zu diesen mannigfaltigen Regungen und Wirbeln noch hinzu, was der Endosmose, den Prozessen der Ernährung und des Wachs-

tums, was den inneren Luftströmen zugehört, so haben wir ein Bild von den Kräften, welche, uns fast unbewußt, in dem stillen Pflanzenleben thätig sind.

Seitdem ich in den Ansichten der Natur die Allbelebtheit der Erdoberfläche, die Verbreitung der organischen Formen nach Maßgabe der Tiefe und Höhe geschildert habe, ist unsere Kenntnis auch in dieser Richtung durch Ehrenbergs glänzende Entdeckungen „über das Verhalten des kleinsten Lebens in dem Weltmeere wie in dem Eise der Polarländer“ auf eine überraschende Weise, und zwar nicht durch kombinatorische Schlüsse, sondern auf dem Wege genauer Beobachtung vermehrt worden. Die Lebenssphäre, man möchte sagen der Horizont des Lebens, hat sich vor unseren Augen erweitert. „Es gibt nicht nur ein unsichtbar kleines, mikroskopisches, ununterbrochen thätiges Leben in der Nähe beider Pole, da wo längst das größere nicht mehr gedeiht; die mikroskopischen Lebensformen des Südpolmeers, auf der antarktischen Reise des Kapitäns James Roß gesammelt, enthalten sogar einen ganz besonderen Reichtum bisher ganz unbekannter, oft sehr zierlicher Bildungen. Selbst im Rückstande des geschmolzenen, in rundlichen Stücken umherschwimmenden Eises, unter einer Breite von 78° 10′, wurden über fünfzig Arten kieselschaliger Polygastren, ja Kosikinodisken, mit ihren grünen Ovarien, also sicher lebend und gegen die Extreme strenger Kälte glücklich ankämpfend, gefunden. In dem Golf des Erebus wurden mit dem Senkblei in 1242 bis 1620 Fuß (403 bis 526 m) Tiefe 68 kieselschalige Polygastren und Phytolitharien und mit ihnen nur eine einzige kalkschalige Polythalamia heraufgezogen.“

Die bisher beobachteten ozeanischen mikroskopischen Formen sind in weit überwiegender Menge die kieselschaligen, obgleich die Analyse des Meerwassers die Kieselerde nicht als wesentlichen Bestandteil zeigt (und dieselbe wohl nur als schwebend gedacht werden kann). Der Ozean ist aber nicht bloß an einzelnen Punkten und in Binnenmeeren oder den Küsten nahe mit unsichtbaren, d. h. von nichtbewaffneten Augen ungesehenen Lebensatomen dicht bevölkert; man kann auch nach den von Schayer auf seiner Rückreise aus Van diemensland geschöpften Wasserproben (südlich vom Vorgebirge der guten Hoffnung in 75° Breite, wie mitten unter den Wendekreisen im Atlantischen Meere) für erwiesen annehmen, daß der Ozean in seinem gewöhnlichen Zustande,

ohne besondere Färbung, ohne fragmentarisch schwimmende, den Oszillatorien unserer süßen Wasser ähnliche Filze kiesel schaliger Fäden der Gattung Chaetoceros, bei klarster Durchsichtigkeit zahlreiche mikroskopische selbständige Organismen enthalte. Einige Polygastren von den Cockburninseln, mit Pinguinerexkrementen und Sand gemengt, scheinen über die ganze Erde verbreitet; andere sind beiden Polen gemeinsam.

Es herrscht demnach, und die neuesten Beobachtungen bestätigen diese Ansicht, in der ewigen Nacht der ozeanischen Tiefen vorzugsweise das Tierleben, während auf den Kontinenten, des periodischen Reizes der Sonnenstrahlen bedürftig, das Pflanzenleben am meisten verbreitet ist. Der Masse nach überwiegt im allgemeinen der vegetabilische Organismus bei weitem den tierischen auf der Erde. Was ist die Zahl großer Cetaceen und Pachydermen gegen das Volum dichtgedrängter, riesenmäßiger Baumstämme von 8 bis 12 Fuß (2,6 bis 3,9 m) Durchmesser in dem einzigen Waldraum, welcher die Tropenzone von Südamerika zwischen dem Orinoko, dem Amazonenfluß und dem Rio da Madeira füllt! Wenn auch der Charakter der verschiedenen Erdräume von allen äußeren Erscheinungen zugleich abhängt, wenn Umriß der Gebirge, Physiognomie der Pflanzen und Tiere, wenn Himmelsbläue, Wolkengestalt und Durchsichtigkeit des Luftkreises den Totaleindruck bewirken, so ist doch nicht zu leugnen, daß das Hauptbestimmende dieses Eindrucks die Pflanzendecke ist. Dem tierischen Organismus fehlt es an Masse, und die Beweglichkeit der Individuen entzieht sie oft unseren Blicken. Die Pflanzenschöpfung wirkt durch stetige Größe auf unsere Einbildungskraft; ihre Masse bezeichnet ihr Alter, und in den Gewächsen allein sind Alter und Ausdruck der stets sich erneuernden Kraft miteinander gepaart. In dem Tierreiche (und auch diese Betrachtung ist das Resultat von Ehrenbergs Entdeckungen) ist es gerade das Leben, das man das kleinste im Raume zu nennen pflegt, welches durch seine Selbstteilung und rasche Vermehrung[243] die wunderbarsten Massenverhältnisse darbietet. Die kleinsten der Infusorien, die Monadinen, erreichen nur einen Durchmesser von $^1/_{3000}$ einer Linie, und doch bilden die kieselschaligen Organismen in feuchten Gegenden unterirdische belebte Schichten von der Dicke mehrerer Lachter.

Der Eindruck der Allbelebtheit der Natur, anregend und wohlthätig dem fühlenden Menschen, gehört jeder Zone an;

am mächtigsten wird er gegen den Aequator hin, in der eigentlichen Zone der Palmen, der Bambusen und der baumartigen Farne, da wo von dem mollusken- und korallenreichen Meeresufer der Boden sich bis zur ewigen Schneegrenze erhebt. Die Ortsverhältnisse der Pflanzen und Tiere umfassen fast alle Höhen und Tiefen. Organische Gebilde steigen in das Innere der Erde herab; nicht bloß da, wo durch den Fleiß des Bergmannes große Weitungen entstanden sind, auch in natürlichen Höhlen, die zum erstenmal durch Sprengarbeit geöffnet wurden, und in die nur meteorische Tagewasser auf Spalten eindringen konnten, habe ich schneeweiße Stalaktitenwände mit dem zarten Geschlechte einer Usnea bedeckt gefunden. Podurellen dringen in die Eisröhren der Gletscher am Mont Rose, im Grindelwald und dem oberen Aargletscher; Chionaea araneoides, von Dalman beschrieben, und die mikroskopische Discerea nivalis (einst Protococcus) leben im Schnee der Polarländer wie in dem unserer hohen Gebirge. Das Rotwerden des alten Schnees war schon dem Aristoteles, wahrscheinlich in den makedonischen Gebirgen, bekannt geworden. Während auf hohen Gipfeln der Schweizer Alpen nur Lecideen, Parmelien und Umbilicarien das von Schnee entblößte Gestein farbig, aber sparsam überziehen, blühen noch vereinzelt in der Tropengegend der Andeskette in 14000 und 14400 Fuß (4550 bis 4680 m) Höhe schöne Phanerogamen: das wollige Cacitium rufescens, Sida pichinchensis und Saxifraga Boussingaulti. Heiße Quellen enthalten kleine Insekten (Hydroporus thermalis), Gallionellen, Oszillatorien und Konferven; sie tränken selbst die Wurzelfasern phanerogamischer Gewächse. Wie Erde, Luft und Wasser bei den verschiedensten Temperaturen belebt sind, so ist es auch das Innere der verschiedensten Teile der Tierkörper. Es gibt Bluttiere in den Fröschen wie im Lachse; nach Nordmann sind oft alle Flüssigkeiten der Fischaugen mit einem Saugwurme (Diplostomum) gefüllt, ja in den Kiemen des Bleies lebt das wundersame Doppeltier (Diplozoon paradoxum), welches der eben genannte Naturforscher entdeckt hat, ein Tier, kreuzförmig verwachsen, mit 2 Köpfen und 2 Schwanzenden versehen.

Wenn auch die Existenz von sogenannten Meteorinfusorien mehr als zweifelhaft ist, so darf doch die Möglichkeit nicht geleugnet werden, daß, wie Fichtenblütenstaub jährlich aus der Atmosphäre herabfällt, auch kleine Infusionstiere, mit dem Wasserdampf passiv gehoben, eine Zeitlang in den

Luftschichten schweben können.[241] Dieser Umstand ist bei dem uralten Zwiste über eine mutterlose Zeugung[242] (generatio spontanea) in ernste Betrachtung zu nehmen, um so mehr als Ehrenberg, wie schon oben bemerkt, entdeckt hat, daß der nebelartig die Luft trübende Staubregen, welchem Seefahrer häufig in der Nähe der kapverdischen Inseln und bis in 380 Seemeilen Entfernung von der afrikanischen Küste ausgesetzt sind, Reste von 18 Arten kieselschaliger polygastrischer Tierchen enthält.

Die Fülle der Organismen, deren räumliche Verteilung die Geographie der Pflanzen und Tiere verfolgt, wird entweder nach der Verschiedenheit und relativen Zahl der Bildungstypen, also nach der Gestaltung der vorhandenen Gattungen und Arten, oder nach der Zahl der Individuen betrachtet, welche auf einem gegebenen Flächenraume einer jeden Art zukommt. Bei den Pflanzen wie bei den Tieren ist es ein wichtiger Unterschied ihrer Lebensweise, ob sie isoliert (vereinzelt) oder gesellig lebend gefunden werden. Die Arten, welche ich gesellige Pflanzen genannt habe, bedecken einförmig große Strecken. Dahin gehören viele Tangarten des Meeres, Kladonien und Moose in den öden Flachländern des nördlichen Asiens, Gräser und orgelartig aufstrebende Kakteen, Avicennia und Mangelsträucher in der Tropenwelt, Wälder von Koniferen und Birken in den baltischen und sibirischen Ebenen. Diese Art der geographischen Verteilung bestimmt, neben der individuellen Form der Pflanzengestalt, neben ihrer Größe, Blatt- und Blütenform, hauptsächlich den physiognomischen Charakter einer Gegend. Das bewegliche Bild des Tierlebens, so mannigfaltig und reizend, so mehr angeeignet es unseren Gefühlen der Zuneigung oder des Abscheues ist, bleibt fast demselben fremd, wirkt wenigstens minder mächtig auf ihn. Die ackerbauenden Völker vermehren künstlich die Herrschaft geselliger Pflanzen, und so an vielen Punkten der gemäßigten und nördlichen Zone den Anblick der Einförmigkeit der Natur; auch bereiten sie den Untergang wildwachsenden Pflanzen und siedeln andere, die dem Menschen auf fernen Wanderungen folgen, absichtslos an. Die üppige Zone der Tropenwelt widersteht kräftiger diesen gewaltsamen Umwandelungen der Schöpfung.

Beobachter, welche in kurzer Zeit große Landstrecken durchzogen, Gebirgsgruppen bestiegen hatten, in denen die Klimate schichtenweise übereinander gelagert sind, mußten sich früh an-

geregt fühlen von einer gesetzmäßigen Verteilung der Pflanzenformen. Sie sammelten rohe Materialen für eine Wissenschaft, deren Name noch nicht ausgesprochen war. Dieselben Zonen (Regionen) der Gewächse, welche als Jüngling der Kardinal Bembo am Abhange des Aetna im sechzehnten Jahrhundert beschrieb, fand Tournefort am Ararat wieder. Er verglich scharfsinnig die Alpenflor mit der Flor der Ebenen unter verschiedenen Breiten; er bemerkte zuerst, daß die Erhöhung des Bodens über dem Meeresspiegel auf die Verteilung der Gewächse wirke, wie die Entfernung vom Pole im Flachlande. Menzel in einer unedierten Flora von Japan sprach zufällig den Namen der Geographie der Pflanzen aus. Dieser Name findet sich wieder in den phantastischen, aber anmutigen Studien der Natur von Bernardin de St. Pierre. Eine wissenschaftliche Behandlung des Gegenstandes hat erst angefangen, als man die Geographie der Pflanzen mit der Lehre von der Verteilung der Wärme auf dem Erdkörper in innige Verbindung brachte, als man die Gewächse nach natürlichen Familien ordnen, und so numerisch unterscheiden konnte, welche Formen vom Aequator gegen die Pole ab- oder zunehmen, in welchem Zahlenverhältnis in verschiedenen Erdstrichen jede Familie zu der ganzen daselbst wachsenden Masse der Phanerogamen stehe. Es ist ein glücklicher Umstand meines Lebens gewesen, daß zu der Zeit, in welcher ich mich fast ausschließend mit Botanik beschäftigte, meine Studien, durch den Anblick einer großartigen, klimatisch kontrastierten Natur begünstigt, sich auf die eben genannten Gegenstände der Untersuchung richten konnten.

Die geographische Verbreitung der Tierformen, über welche Buffon zuerst allgemeine und großenteils sehr richtige Ansichten aufgestellt, hat in neueren Zeiten aus den Fortschritten der Pflanzengeographie mannigfaltigen Nutzen gezogen. Die Krümmungen der Isothermen, besonders die der Isochimenen, offenbaren sich in den Grenzen, welche gewisse Pflanzen- und nicht weit wandernde Tierarten gegen die Pole zu, wie gegen den Gipfel schneebedeckter Gebirge, selten übersteigen. Das Elentier z. B. lebt auf der skandinavischen Halbinsel fast zehn Grad nördlicher als im Inneren von Sibirien, wo die Linie gleicher Winterwärme so auffallend konkav wird. Pflanzen wandern im Ei. Der Samen vieler ist mit eigenen Organen zur weiten Luftreise versehen. Einmal angewurzelt, sind sie abhängiger vom Boden und von der Temperatur der Luft-

schicht, welche sie umgibt. Tiere erweitern nach Willkür ihren Verbreitungsbezirk von dem Aequator gegen die Pole hin: da vorzüglich, wo die Isotheren sich wölben und heiße Sommer auf eine strenge Winterkälte folgen. Der Königstiger, von dem ostindischen gar nicht verschieden, streift jeden Sommer im nördlichen Asien bis in die Breite von Berlin und Hamburg, wie Ehrenberg und ich an einem anderen Orte entwickelt haben.

Die Gruppierung oder Association der Gewächsarten, welche wir Floren (Vegetationsgebiete) zu nennen gewohnt sind, scheint mir, nach dem, was ich von der Erde gesehen, keineswegs das Vorherrschen einzelner Familien so zu offenbaren, daß man berechtigt sein könnte, Reiche der Umbellaten, Solidagoarten, Labiaten oder Scitamineen geographisch aufzustellen. Meine individuelle Ansicht bleibt in diesem Punkte abweichend von der Ansicht mehrerer der ausgezeichnetsten und mir befreundeten Botaniker Deutschlands. Der Charakter der Floren in den Hochländern von Mexiko, Neu-Granada und Quito, vom europäischen Rußland und von Nordasien liegt, wie ich glaube, nicht in der relativ größeren Zahl der Arten, welche eine oder zwei natürliche Familien bilden, er liegt in den viel komplizierteren Verhältnissen des Zusammenlebens vieler Familien und der relativen Zahlenwerte ihrer Arten. In einem Wiesen- und Steppenlande herrschen allerdings die Gramineen und Cyperaceen, in unseren nördlichen Wäldern die Zapfenbäume, Cupuliferen und Betulineen vor; aber dieses Vorherrschen der Formen ist nur scheinbar, und täuschend wegen des Anblickes, den gesellige Pflanzen gewähren. Der Norden von Europa und Sibirien in der Zone nördlich vom Altai verdienen wohl nicht mehr den Namen eines Reiches der Gramineen oder der Koniferen als die endlosen Llanos zwischen dem Orinoko und der Bergkette von Caracas oder als die Fichtenwaldungen von Mexiko. In dem Zusammenleben der Formen, die sich teilweise ersetzen, in ihrer relativen Menge und Gruppierung liegt der Gesamteindruck von Fülle und Mannigfaltigkeit oder von Armut und Einförmigkeit der vegetabilischen Natur.

Ich bin in dieser fragmentaren Betrachtung der Erscheinungen des Organismus von den einfachsten Zellen, gleichsam dem ersten Hauche des Lebens, zu höheren und höheren Bildungen aufgestiegen. „Das Zusammenhäufen von Schleimkörnchen zu einem bestimmt geformten Cytoblasten,

um den sich blasenförmig eine Membrane als geschlossene Zelle bildet", ist entweder durch eine schon vorhandene Zelle veranlaßt, so daß Zelle durch Zelle entsteht, oder der Zellenbildungsprozeß ist wie bei den sogenannten Gärungspilzen in das Dunkel eines chemischen Vorganges gehüllt. Die geheimnisvollste Art des Werdens durfte hier nur leise berührt werden. Die Geographie der Organismen (der Pflanzen und Tiere) behandelt die schon entwickelten Keime, ihre Ansiedelung durch willkürliche oder unwillkürliche Wanderung, ihr relatives Verhältnis, ihre Gesamtverteilung auf dem Erdkörper.

Es würde das allgemeine Naturbild, das ich zu entwerfen strebe, unvollständig bleiben, wenn ich hier nicht auch den Mut hätte, das Menschengeschlecht in seinen physischen Abstufungen, in der geographischen Verbreitung seiner gleichzeitig vorhandenen Typen, in dem Einfluß, welchen es von den Kräften der Erde empfangen und wechselseitig, wenn gleich schwächer, auf sie ausgeübt hat, mit wenigen Zügen zu schildern. Abhängig, wenn gleich in minderem Grade als Pflanzen und Tiere, von dem Boden und den meteorologischen Prozessen des Luftkreises, den Naturgewalten durch Geistesthätigkeit und stufenweise erhöhte Intelligenz, wie durch eine wunderbare, sich allen Klimaten aneignende Biegsamkeit des Organismus leichter entgehend, nimmt das Geschlecht wesentlich teil an dem ganzen Erdenleben. Durch diese Beziehungen gehört demnach das dunkle und vielbestrittene Problem von der Möglichkeit gemeinsamer Abstammung in den Ideenkreis, welchen die physische Weltbeschreibung umfaßt. Es soll die Untersuchung dieses Problems, wenn ich mich so ausdrücken darf, durch ein edleres und rein menschliches Interesse das letzte Ziel meiner Arbeit bezeichnen. Das unermessene Reich der Sprachen, in deren verschiedenartigem Organismus sich die Geschicke der Völker ahnungsvoll abspiegeln, steht am nächsten dem Gebiet der Stammverwandtschaft; und was selbst kleine Stammverschiedenheiten hervorzurufen vermögen, lehrt uns in der Blüte geistiger Kultur die hellenische Welt. Die wichtigsten Fragen der Bildungsgeschichte der Menschheit knüpfen sich an die Ideen von Abstammung, Gemeinschaft der Sprache, Unwandelbarkeit in einer ursprünglichen Richtung des Geistes und des Gemütes.

Solange man nur bei den Extremen in der Variation der Farbe und der Gestaltung verweilte und sich der Leb-

haftigkeit der ersten sinnlichen Eindrücke hingab, konnte man allerdings geneigt werden, die Rassen nicht als bloße Abarten, sondern als ursprünglich verschiedene Menschenstämme zu betrachten. Die Festigkeit gewisser Typen[246] mitten unter der feindlichsten Einwirkung äußerer, besonders klimatischer Potenzen schien eine solche Annahme zu begünstigen, so kurz auch die Zeiträume sind, aus denen historische Kunde zu uns gelangt ist. Kräftiger aber sprechen, auch meiner Ansicht nach, für die Einheit des Menschengeschlechtes die vielen Mittelstufen der Hautfarbe und des Schädelbaues, welche die raschen Fortschritte der Ländererkenntnis uns in neueren Zeiten dargeboten haben; die Analogie der Abartung in anderen wilden und zahmen Tierklassen; die sicheren Erfahrungen, welche über die Grenzen fruchtbarer Bastarderzeugung haben gesammelt werden können. Der größere Teil der Kontraste, die man ehemals hatte zu finden geglaubt, ist durch die fleißige Arbeit Tiedemanns über das Hirn der Neger und der Europäer, durch die anatomischen Untersuchungen Broliks und Webers über die Gestalt des Beckens hinweggeräumt. Wenn man die dunkelfarbigen afrikanischen Nationen, über die Prichards gründliches Werk so viel Licht verbreitet hat, in ihrer Allgemeinheit umfaßt und sie dazu noch mit den Stämmen des südindischen und westaustralischen Archipels, mit den Papua und Alfuru (Haraforen, Endamenen) vergleicht, so sieht man deutlich, daß schwarze Hautfarbe, wolliges Haar und negerartige Gesichtszüge keineswegs immer miteinander verbunden sind. Solange den westlichen Völkern nur ein kleiner Teil der Erde aufgeschlossen war, mußten einseitige Ansichten sich bilden. Sonnenhitze der Tropenwelt und schwarze Hautfarbe schienen unzertrennlich. „Die Aethiopen," sang der alte Tragiker Theodektes von Phaselis,[247] „färbt der nahe Sonnengott in seinem Laufe mit des Rußes finsterem Glanz; die Sonnenglut kräuselt ihnen dörrend das Haar." Erst die Heerzüge Alexanders, welche so viele Ideen der physischen Erdbeschreibung anregten, fachten den Streit über den unsicheren Einfluß der Klimate auf die Volksstämme an. „Die Geschlechter der Tiere und Pflanzen," sagt einer der größten Anatomen unseres Zeitalters, Johannes Müller, in seiner alles umfassenden Physiologie des Menschen, „verändern sich während ihrer Ausbreitung über die Oberfläche der Erde innerhalb der den Arten und Gattungen vorgeschriebenen Grenzen. Sie pflanzen sich als Typen der Variation der

Arten organisch fort. Aus dem Zusammenwirken verschiedener sowohl innerer als äußerer, im einzelnen nicht nachweisbarer Bedingungen sind die gegenwärtigen Rassen der Tiere hervorgegangen, von welchen sich die auffallendsten Abarten bei denen finden, die der ausgedehntesten Verbreitung auf der Erde fähig sind. Die Menschenrassen sind Formen einer einzigen Art, welche sich fruchtbar paaren und durch Zeugung fortpflanzen; sie sind nicht Arten eines Genus: wären sie das letztere, so würden ihre Bastarde unter sich unfruchtbar sein. Ob die gegebenen Menschenrassen von mehreren oder einem Urmenschen abstammen, kann nicht aus der Erfahrung ermittelt werden."

Die geographischen Forschungen über den alten Sitz, die sogenannte Wiege des Menschengeschlechtes haben in der That einen rein mythischen Charakter. „Wir kennen," sagt Wilhelm von Humboldt in einer noch ungedruckten Arbeit über die Verschiedenheit der Sprachen und Völker, „geschichtlich oder auch nur durch irgend sichere Ueberlieferung keinen Zeitpunkt, in welchem das Menschengeschlecht nicht in Völkerhaufen getrennt gewesen wäre. Ob dieser Zustand der ursprüngliche war oder erst später entstand, läßt sich daher geschichtlich nicht entscheiden. Einzelne an sehr verschiedenen Punkten der Erde ohne irgend sichtbaren Zusammenhang wiederkehrende Sagen verneinen die erstere Annahme und lassen das ganze Menschengeschlecht von einem Menschenpaare abstammen. Die weite Verbreitung dieser Sage hat sie bisweilen für eine Urerinnerung der Menschheit halten lassen. Gerade dieser Umstand aber beweist vielmehr, daß ihr keine Ueberlieferung und nichts Geschichtliches zum Grunde lag, sondern nur die Gleichheit der menschlichen Vorstellungsweise zu derselben Erklärung der gleichen Erscheinung führte, wie gewiß viele Mythen, ohne geschichtlichen Zusammenhang, bloß aus der Gleichheit des menschlichen Dichtens und Grübelns entstanden. Jene Sache trägt auch darin ganz das Gepräge menschlicher Erfindung, daß sie die außer aller Erfahrung liegende Erscheinung des ersten Entstehens des Menschengeschlechtes auf eine innerhalb heutiger Erfahrung liegende Weise und so erklären will, wie in Zeiten, wo das ganze Menschengeschlecht schon Jahrtausende hindurch bestanden hatte, eine wüste Insel oder ein abgesondertes Gebirgsthal mag bevölkert worden sein. Vergeblich würde sich das Nachdenken in das Problem jener ersten Entstehung vertieft haben, da

der Mensch so an sein Geschlecht und an die Zeit gebunden ist, daß sich ein einzelner ohne vorhandenes Geschlecht und ohne Vergangenheit gar nicht in menschlichem Dasein fassen läßt. Ob also in dieser, weder auf dem Wege der Gedanken noch der Erfahrung zu entscheidenden Frage wirklich jener angeblich traditionelle Zustand der geschichtliche war, oder ob das Menschengeschlecht von seinem Beginnen an völkerweise den Erdboden bewohnte, darf die Sprachkunde weder aus sich bestimmen, noch, die Entscheidung anderswoher nehmend, zum Erklärungsgrunde für sich brauchen wollen."

Die Gliederung der Menschheit ist nur eine Gliederung in Abarten, die man mit dem, freilich etwas unbestimmten Worte Rassen bezeichnet. Wie in dem Gewächsreiche, in der Naturgeschichte der Vögel und Fische die Gruppierung in viele kleine Familien sicherer als die in wenige, große Massen umfassende Abteilungen ist, so scheint mir auch, bei der Bestimmung der Rassen, die Aufstellung kleinerer Völkerfamilien vorzuziehen. Man mag die alte Klassifikation meines Lehrers Blumenbach nach fünf Rassen (der kaukasischen, mongolischen, amerikanischen, äthiopischen und malayischen) befolgen oder mit Prichard sieben Rassen (die iranische, turanische, amerikanische, die der Hottentotten und Buschmänner, der Neger, der Papua und der Alfuru) annehmen, immer ist keine typische Schärfe, kein durchgeführtes natürliches Prinzip der Einteilung in solchen Gruppierungen zu erkennen. Man sondert ab, was gleichsam die Extreme der Gestaltung und Farbe bildet, unbekümmert um die Völkerstämme, welche nicht in jene Klassen einzuschalten sind, und welche man bald skythische, bald allophyle Rassen hat nennen wollen. Iranisch ist allerdings für die europäischen Völker ein minder schlechter Name als kaukasisch; aber im allgemeinen darf man behaupten, daß geographische Benennungen als Ausgangspunkt der Rasse sehr unbestimmt sind, wenn das Land, welches der Rasse den Namen geben soll, wie z. B. Turan (Maweranahr), zu verschiedenen Zeiten [248] von den verschiedensten Volksstämmen — indogermanischen und finnischen, nicht aber mongolischen Ursprungs — bewohnt worden ist.

Die Sprachen als geistige Schöpfungen der Menschheit, als tief in ihre geistige Entwickelung verschlungen, haben, indem sie eine nationelle Form offenbaren, eine hohe Wichtigkeit für die zu erkennende Aehnlichkeit oder Verschiedenheit der Rassen. Sie haben diese Wichtigkeit, weil Gemeinschaft

der Abstammung in das geheimnisvolle Labyrinth führt, in welchem die Verknüpfung der physischen (körperlichen) Anlagen mit der geistigen Kraft in tausendfältig verschiedener Gestaltung sich darstellt. Die glänzenden Fortschritte, welche das philosophische Sprachstudium im deutschen Vaterlande seit noch nicht einem halben Jahrhundert gemacht hat, erleichtern die Untersuchungen über den nationellen Charakter der Sprachen, über das, was die Abstammung scheint herbeigeführt zu haben. Wie in allen Gebieten idealer Spekulation, steht aber auch hier die Gefahr der Täuschung neben der Hoffnung einer reichen und sicheren Ausbeute.

Positive ethnographische Studien, durch gründliche Kenntnis der Geschichte unterstützt, lehren, daß eine große Vorsicht in dieser Vergleichung der Völker und der Sprachen, welcher die Völker sich zu einer bestimmten Zeitepoche bedienten, anzuwenden sei. Unterjochung, langes Zusammenleben, Einfluß einer fremden Religion, Vermischung der Stämme, wenn auch oft nur bei geringer Zahl der mächtigeren und gebildeteren Einwanderer, haben ein in beiden Kontinenten sich gleichmäßig erneuerndes Phänomen hervorgerufen, daß ganz verschiedene Sprachfamilien sich bei einer und derselben Rasse, daß bei Völkern sehr verschiedener Abstammung sich Idiome desselben Sprachstammes finden. Asiatische Welteroberer haben am mächtigsten auf solche Erscheinungen eingewirkt.

Sprache ist aber ein Teil der Naturkunde des Geistes; und wenn auch die Freiheit, mit welcher der Geist in glücklicher Ungebundenheit die selbstgewählten Richtungen, unter ganz verschiedenartigen physischen Einflüssen, stetig verfolgt, ihn der Erdgewalt mächtig zu entziehen strebt, so wird die Entfesselung doch nie ganz vollbracht. Es bleibt etwas von dem, was den Naturanlagen aus Abstammung, dem Klima, der heiteren Himmelsbläue, oder einer trüben Dampfatmosphäre der Inselwelt zugehört. Da nun der Reichtum und die Anmut des Sprachbaues sich aus dem Gedanken wie aus des Geistes zartester Blüte entfalten, so wollen wir nicht, daß bei der Innigkeit des Bandes, welches beide Sphären, die physische und die Sphäre der Intelligenz und der Gefühle, miteinander verknüpft, unser Naturbild des freundlichen Lichtes und der Färbung entbehre, welche ihm die, hier freilich nur angedeuteten Betrachtungen über das Verhältnis der Abstammung zur Sprache verleihen können.

Indem wir die Einheit des Menschengeschlechtes behaupten,

widerstreben wir auch jeder unerfreulichen Annahme[249] von höheren und niederen Menschenrassen. Es gibt bildsamere, höher gebildete, durch geistige Kultur veredelte, aber keine edleren Volksstämme. Alle sind gleichmäßig zur Freiheit bestimmt, zur Freiheit, welche in roheren Zuständen dem einzelnen, in dem Staatenleben bei dem Genuß politischer Institutionen der Gesamtheit als Berechtigung zukommt. „Wenn wir eine Idee bezeichnen wollen, die durch die ganze Geschichte hindurch in immer mehr erweiterter Geltung sichtbar ist, wenn irgend eine die vielfach bestrittene, aber noch vielfacher mißverstandene Vervollkommnung des ganzen Geschlechtes beweist, so ist es die Idee der Menschlichkeit: das Bestreben, die Grenzen, welche Vorurteile und einseitige Ansichten aller Art feindselig zwischen die Menschen gestellt, aufzuheben, und die gesamte Menschheit, ohne Rücksicht auf Religion, Nation und Farbe, als einen großen, nahe verbrüderten Stamm, als ein zur Erreichung eines Zweckes, der freien Entwickelung innerlicher Kraft, bestehendes Ganzes zu behandeln. Es ist dies das letzte, äußerste Ziel der Geselligkeit, und zugleich die durch seine Natur selbst in ihn gelegte Richtung des Menschen auf unbestimmte Erweiterung seines Daseins. Er sieht den Boden, so weit er sich ausdehnt; den Himmel, so weit, ihm entdeckbar, er von Gestirnen umflammt wird, als innerlich sein, als ihm zur Betrachtung und Wirksamkeit gegeben an. Schon das Kind sehnt sich über die Hügel, über die Seen hinaus, welche seine enge Heimat umschließen; es sehnt sich dann wieder pflanzenartig zurück, denn es ist das Rührende und Schöne im Menschen, daß Sehnsucht nach Erwünschtem und nach Verlorenem ihn immer bewahrt, ausschließlich in dem Augenblicke zu haften. So festgewurzelt in der innersten Natur des Menschen, und zugleich geboten durch seine höchsten Bestrebungen, wird jene wohlwollend menschliche Verbindung des ganzen Geschlechtes zu einer der großen leitenden Ideen in der Geschichte der Menschheit.“[250]

Mit diesen Worten, welche ihre Anmut aus der Tiefe der Gefühle schöpfen, sei es dem Bruder erlaubt, die allgemeine Darstellung der Naturerscheinungen im Weltall zu beschließen. Von den fernsten Nebelflecken und von kreisenden Doppelsternen sind wir zu den kleinsten Organismen der tierischen Schöpfung im Meer und Land, und zu den zarten Pflanzenkeimen herabgestiegen, welche die nackte Felsklippe am Abhang eisiger Berggipfel bekleiden. Nach teilweise erkannten

Gesetzen konnten hier die Erscheinungen geordnet werden. Gesetze anderer, geheimnisvollerer Art walten in den höchsten Lebenskreisen der organischen Welt, in denen des vielfach gestalteten, mit schaffender Geisteskraft begabten, spracherzeugenden Menschengeschlechts. Ein physisches Naturgemälde bezeichnet die Grenze, wo die Sphäre der Intelligenz beginnt und der ferne Blick sich senkt in eine andere Welt. Es bezeichnet die Grenze und überschreitet sie nicht.

Anmerkungen.

[1] (S. 60.) Die Zahl der unauflöslichen Nebelflecken und Sternhaufen ist jetzt auf über 5000 gestiegen. Das vollständigste Verzeichnis derselben ist der von J. Herschel im Jahre 1864 veröffentlichte General Catalogue of nebulae and Clusters of Stars, welcher 5079 Positionen und gedrängte Beschreibungen der Nebel enthält. Die meisten sind so schwach, daß sie mit geringeren Fernrohren nicht gesehen werden können. — [D. Herausg.]

[2] (S. 61.) In der That führen die prächtigen neuen Darstellungen des Orionnebels von Bond, Lassell, Lord Rosse, d'Arrest, Tempel im ganzen dazu, daß die Annahme großer Veränderungen in der Gestalt des Nebels nicht begründet ist; höchstens sind Helligkeitsveränderungen einzelner Teile erfolgt. — [D. Herausg.]

[3] (S. 61.) Jetzt kennt man planetarische Nebel von so geringem scheinbaren Durchmesser, daß sie in schwächeren Fernrohren sich von Sternen nicht unterscheiden. — [D. Herausg.]

[4] (S. 61.) „Die beiden Magelhanischen Wolken, Nubecula major und minor, sind höchst merkwürdige Gegenstände. Die größere Wolke ist eine Zusammenhäufung von Sternen und besteht aus Sternhaufen von unregelmäßiger Gestalt, aus kugelförmigen Haufen und aus Nebelsternen von verschiedener Größe und Dichtigkeit. Es liegen dazwischen große, nicht in Sterne aufzulösende Nebelflecke, die wahrscheinlich Sternenstaub (star-dust) sind und selbst mit dem zwanzigfüßigen Teleskop nur als eine allgemeine Helligkeit des Gesichtsfeldes erscheinen und einen glänzenden Hintergrund bilden, auf dem andere Gegenstände von sehr auffallender und unbegreiflicher Gestalt zerstreut sind. An keinem anderen Teile des Himmels sind auf einem so kleinen Raume so viele Nebel- und Sternhaufen zusammengedrängt wie in dieser Wolke. Die Nubecula minor ist viel weniger schön; sie zeigt mehr unauflösliches, nebliges Licht, und die darin befindlichen Sternhaufen sind geringer an Zahl und schwächer." (Aus einem Briefe von Sir John Herschel, Feldhuysen und Kap der guten Hoffnung, 13. Juni 1836.)

[5] (S. 62.) Man erklärt das Zodiakallicht oder Tierkreislicht bisher meist mit der Annahme, daß die Sonne in der Ebene

ihres (mit der Ekliptik nahezu zusammenfallenden) Aequators von einem Ringe umgeben sei, welcher das Sonnenlicht reflektiere; dem entgegen sehen neuere Forscher in dem Zodiakallicht eine in den äußersten Schichten der Atmosphäre vor sich gehende elektrische, dem Nordlicht analoge Erscheinung, welche im wesentlichen also der Erde angehört. — [D. Herausg.]

[6] (S. 62.) Den schönen Ausdruck χόρτος οὐρανοῦ, welchen Hesychius einem unbekannten Dichter entlehnt, hätte ich oben bei Himmelsgarten angeführt, wenn χόρτος nicht allgemeiner einen eingeschlossenen Platz und so den „Himmelsraum" bezeichnete. Der Zusammenhang mit dem germanischen Garten (gotisch gards, nach Jakob Grimm von gairdan, cingere) ist aber nicht zu verkennen, so wenig als die Verwandtschaft mit dem slawischen grad, gorod und die von Pott bemerkte mit dem lateinischen chors (woher corte, cour) und dem ossetischen khart. Hieran schließt sich ferner das nordische gard, gârd (Umzäunung, dann, ein Gehöfte, Landsitz) und das persische gerd, gird (Umkreis, Kreis); dann ein fürstlicher Landsitz, Schloß oder Stadt, wie in alten Ortsnamen in Firdusis Schahname: Siyawakschgird, Darabgird u. a.

[7] (S. 64.) Gylden hat die Parallaxe des Sirius zu 0″,19 berechnet. — [D. Herausg.]

[8] (S. 64.) Ueber die relativen Entfernungen der Sterne verschiedener Ordnung, wie die dritter Größe wahrscheinlich dreifach entfernter sind, und wie man sich die körperliche Gestaltung der Sternschichten vorstellen solle, finde ich bei Kepler in der Epitome Astronomiae Copernicanae 1618 T. I, lib. 1, p. 34—39 eine merkwürdige Stelle: „Sol hic noster nil aliud est quam una ex fixis, nobis major et clarior visa, quia prior quam fixa. Pone terram stare ad latus, una semidiametro viae lacteae, tunc haec via lactea apparebit circulus parvus, vel ellipsis parva, tota declinans ad latus alterum: eritque simul uno intuitu conspicua, quae nunc non potest nisi dimidia conspici quovis momento. Itaque fixarum sphaera non tantum orbe stellarum, sed etiam circulo lactis versus nos deorsum est terminata."

[9] (S. 65.) Nach unserer jetzigen Kenntnis besteht das Sonnensystem aus einem Centralkörper, der Sonne, 8 Hauptplaneten, 231 Asteroiden oder Planeten (bis Oktober 1882) von äußerst kleinen Dimensionen, und 20 Monden, Trabanten oder Satelliten. — [D. Herausg.]

[10] (S. 66.) „Si dans les zones abandonnées par l'atmosphère du soleil il s'est trouvé des molécules trop volatiles pour s'unir entre elles ou aux planètes; elles doivent en continuant de circuler autour de cet astre offrir toutes les apparences de la lumière zodiacale, sans opposer de résistance sensible aux divers corps du système planétaire: soit à cause de leur extrême rareté, soit parce que leur mouvement est à

fort peu près le même que celui des planètes qu'elles rencontrent." Laplace, Expos. du Syst. du Monde (éd. 5) p. 415.

[11] (S. 67.) Kepler über die mit den Abständen von der Sonne zunehmende Dichte und zunehmendes Volum der Planeten, indem der Centralkörper (die Sonne) als der dichteste aller Weltkörper beschrieben wird, in der Epitome Astron. Copern. in VII libros digesta, 1618—1622, p. 420. Auch Leibnitz war der Meinung Keplers und Ottos von Guericke zugethan, daß die Planeten in Verhältnis der Sonnenferne an Volum zunehmen. S. dessen Brief an den Magdeburger Bürgermeister (Mainz 1671) in Leibnitz, deutschen Schriften, herausg. von Guhrauer, Teil I, S. 264.

[12] (S. 67.) Nach neueren Ermittelungen ist die Dichte des Uranus 0,24 bezogen auf die Erde, jene des Saturn bloß 0,13, erreicht mithin nicht einmal diejenige des Wassers. — [D. Herausg.]

[13] (S. 68.) Diese Bezeichnung des „äußersten" Planeten kommt nicht mehr dem Uranus, sondern dem Neptun zu. — [D. Herausg.]

[14] (S. 69). Doch hat der äußerste Planet, Neptun, bloß einen Trabanten. — [D. Herausg.]

[15] (S. 69.) Das Mädlersche Resultat ist angezweifelt worden, doch hat sich über seine Richtigkeit eine Entscheidung noch nicht treffen lassen. — [D. Herausg.]

[16] (S. 69.) Wenn der Halbmesser des Mondes nach Burckhardts Bestimmung 0,2725 und sein Volum $^1/_{49'09}$ ist, so ergibt sich seine Dichtigkeit 0,5596, nahe $^5/_9$. Vergl. auch Wilh. Beer und H. Mädler, der Mond S. 2 und 10, wie Mädlers Astr. S. 157. Der körperliche Inhalt des Mondes ist nach Hansen nahe an $^1/_{54}$ (nach Mädler $^1/_{49'6}$) des körperlichen Inhalts der Erde, seine Masse $^1/_{81'72}$ der Masse der Erde. Bei dem größten aller Jupitertrabanten, dem dritten, sind die Verhältnisse zum Hauptplaneten im Volum $^1/_{15370}$, in der Masse $^1/_{11300}$.

[17] (S. 69.) Das genaue Verhältnis nach Nasmyth und Carpenter ist 0,64. Das spezifische Gewicht der Mondmaterie entspricht also nahezu demjenigen des Flintglases oder des Diamanten. — [D. Herausg.]

[18] (S. 70.) Uranus besitzt bloß vier Trabanten. — [D. Herausg.]

[19] (S. 72.) Jetzt wohl an die 300. — [D. Herausg.]

[20] (S. 73.) Die vier ältesten Kometen, deren Bahn hat berechnet werden können, und zwar nach chinesischen Beobachtungen, sind die von 240 (unter Gordian III), 539 (unter Justinian), 565 und 837. Während daß dieser letzte Komet, der nach du Séjour 24 Stunden lang weniger als 500 000 Meilen von der Erde entfernt war, Ludwig den Frommen dermaßen erschreckte, daß er durch Stiftung von Klöstern einer drohenden Gefahr zu entgehen hoffte, verfolgten

die chinesischen Astronomen ganz wissenschaftlich die Bahn des Gestirns, dessen 60° langer Schweif bald einfach, bald geteilt erschien. Der erste Komet, welcher nach europäischen Beobachtungen allein hat berechnet werden können, ist der von 1456 (der Halleysche, in der Erscheinung, welche man lange, aber mit Unrecht, für die erste, sicher bestimmte, gehalten hat.

[21] (S. 73.) So wie bei hellem Sonnenschein der Schweif des Kometen von 1402 gesehen wurde, sind auch vom letzten großen Kometen von 1843 Kern und Schweif am 28. Februar in Nordamerika (laut J. G. Clarke zu Portland im Staate Maine) zwischen 1 und 3 Uhr nachmittags sichtbar gewesen. Man könnte Abstände des sehr dichten Kerns vom Sonnenrande mit vieler Genauigkeit messen. Kern und Schweif erschienen wie ein sehr reines, weißes Gewölk; nur zwischen dem Schweif und dem Kern war eine dunklere Stelle.

[22] (S. 74.) Die von Herschel gefundenen Durchmesser der Kerne waren 538 und 428 engl. Meilen (also 866 und 689 km).

[23] (S. 74.) Bei einigen Kometen ist der Kern mit bloßem Auge am hellen Tage gesehen, so in diesem Jahrhundert bereits mehrfach, 1843, 1853, besonders deutlich 1882. Der Kern des Kometen von 1811 hatte einen Durchmesser von 4000 km, der große Komet von 1858 hatte einen viel kleineren Kern, der Durchmesser betrug nur 1000 km und der des Kerns von 1798 gar nur 300 km. [D. Herausg.]

[24] (S. 75.) Arago, des changemens physiques de la Comète de Halley du 15—23 Oct. 1835 im Annuaire pour 1836 p. 218—221. Die gewöhnlichere Richtung der Ausströmungen war auch zu Neros Zeiten bemerkt worden: comae radios solis effugiunt.

[25] (S. 75.) William Herschel glaubt auch in seinen Beobachtungen des schönen Kometen von 1811 Beweise der Rotation des Kerns und Schweifes gefunden zu haben, ebenfalls Dunlop im dritten Kometen von 1825 zu Paramatta.

[26] (S. 76.) Bei dem Einflusse, den Aristoteles auf das ganze Mittelalter ausgeübt hat, ist es unendlich zu bedauern, daß er den großen und der Wahrheit mehr genäherten Ansichten vom Weltbau, welche die älteren Pythagoräer hatten, so abhold war. Er erklärt die Kometen für vergängliche, unserer Atmosphäre zugehörige Meteore in demselben Buche, in welchem er die Meinung der pythagoräischen Schule anführt, nach der die Kometen Planeten von langem Umlauf sind. Diese Lehre der Pythagoräer, welche nach dem Zeugnis des Apollonius Myndius noch viel älter bei den Chaldäern war, ging zu den, immer nur wiederholenden Römern über. Der Myndier beschreibt die Bahn der Kometen als eine weit in die oberen Himmelsräume abführende. Daher Seneca: Cometes non est species falsa, sed proprium sidus sicut solis et lunae: altiora mundi secat et tunc demum apparet quum in imum

cursum sui venit, und Cometas aeternos esse et sortis ejusdem, cujus caetera (sidera), etiamsi faciem illis non habent similem. Plinius spielt ebenfalls auf den Apollonius Myndius an, wenn er sagt: Sunt qui et haec sidera perpetua esse credant suoque ambitu ire, sed non nisi relicta a soli cerni.

[27] (S. 76.) Schon den Alten war es auffallend, daß man durch die Kometen wie durch eine Flamme sehen kann. Das älteste Zeugnis von den durch Kometen gesehenen Sternen ist das des Demokritos. Diese Angabe führt Aristoteles zu der nicht unwichtigen Bemerkung, daß er selbst die Bedeckung eines der Sterne der Zwillinge durch Jupiter beobachtete. Seneca erwähnt bestimmt nur der Durchsichtigkeit des Schweifes. „Man sieht," sagt er, „Sterne durch den Kometen wie durch ein Gewölk; man sieht aber nicht durch den Körper selbst des Kometen, sondern durch die Strahlen des Schweifes: non in ea parte qua sidus ipsum est spissi et solidi ignis, sed qua rarus splendor occurit et in crines dispergitur. Per intervalla ignium, non per ipsos, vides." Der letzte Zusatz ist überflüssig, da man allerdings, wie Galilei im Saggiatore (Lettera a Monsignor Cesarini 1619) untersuchte, durch eine Flamme sieht, wenn sie nicht eine zu große Dicke hat.

[28] (S. 76.) Bessel in den astron. Nachr. 1836 Nr. 301, S. 204—206; Struve in den Actes de la Séance publique de l'Acad. de St. Pétersb. 1835, p. 140—143 und astr. Nachr. 1836, Nr. 303, S. 238. „Für Dorpat stand der Stern in der Konjunktion nur 2",2 vom hellsten Punkt des Kometen ab. Der Stern blieb unausgesetzt sichtbar und ward nicht merklich geschwächt, während der Kern des Kometen vor dem Glanze des kleinen Sterns (9—10ter Größe) zu verlöschen schien."

[29] (S. 76.) Die spektralanalytischen Untersuchungen haben indes diese Ansicht fast zur Gewißheit erhoben. Der erste Komet, der mit dem Spektroskop beobachtet werden konnte, war der Komet des Jahres 1864, und Donati fand, daß sich die Lichtquelle im gasförmigen Zustande befand; diese Thatsache ist in späterer Zeit an allen anderen Kometen in gleicher Weise bestätigt worden. — [D. Herausg.]

[30] (S. 77.) Die ersten Versuche Aragos, die Polarisation auf den Kometen anzuwenden, geschahen am 3. Juli 1819, am Abend der plötzlichen Erscheinung des großen Kometen. Ich war auf der Sternwarte zugegen und habe mich, wie Mathieu und der jetzt verstorbene Astronom Bouvard, von der Ungleichartigkeit der Lichtstärke im Polariskop, wenn dasselbe Kometenlicht empfing, überzeugt. Bei der Capella, welche dem Kometen nahe und in gleicher Höhe stand, waren die Bilder von gleicher Intensität. Als der Halleysche Komet erschien, im Jahre 1835, wurde der Apparat so abgeändert, daß er nach der von Arago entdeckten chromatischen Polarisation zwei Bilder von Komplementarfarben (grün und

rot) gab. Annales de Chimie T. XIII, p. 108, Annuaire pour 1832, p. 216. „On doit conclure," sagt Arago, „de l'ensemble de ces observations que la lumière de la comète n'était pas en totalité composée de rayons doués des propriétés de la lumière directe, propre ou assimilée: il s'y trouvait de la lumière réfléchie spéculairement ou polarisée, c'est-à-dire venant du soleil. On ne peut assurer d'une manière absolue que les comètes brillent seulement d'un éclat d'emprunt. En effet, en devenant lumineux par eux-mêmes, les corps ne perdent pas pour cela la faculté de réfléchir des lumières étrangères.

[31] (S. 77.) Heute wissen wir, daß mehrere Kometen auch eigenes Licht besitzen, welches bei den hellen Kometen 1882 I und II vorwiegend aus glühenden Natriumdämpfen zu bestehen schien und das sonstige eigene und reflektierte Licht des Kometen an Intensität so sehr überragte, daß der Komet auch ohne Spektroskop gelblich erschien. [D. Herausg.]

[32] (S. 81.) Zur Beruhigung wollen wir das Resultat der Berechnungen mitteilen, welches Olbers über die Möglichkeit des Zusammentreffens eines Kometen mit der Erde überhaupt erhielt. Es ergab sich, daß nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung etwa in 220 Millionen Jahren allerdings einmal ein Komet mit der Erde zusammentreffen könnte; doch wird es wohl niemand einfallen, sich über diese so unwahrscheinliche Eventualität einer Sorge hinzugeben. — [D. Herausg.]

[33] (S. 82.) Ein nicht glücklicher Beweis von der Existenz heilbringender Kometen findet sich in Seneca; der Philosoph spricht von dem Kometen, quem nos Neronis principatu laetissimo vidimus et qui cometis detraxit infamiam.

[34] (S. 83.) Gegenwärtig unterscheidet man doch zwischen Sternschnuppen und Feuerkugeln oder Meteoriten; es hat sich nämlich eine Thatsache aus mehrfachen Beobachtungen und Berechnungen ergeben, die aufs entschiedenste für die Nichtidentität der Sternschnuppen und Meteorite in die Wagschale fällt, und diese liegt in der Art der Bewegung, welche bei den Sternschnuppen eine elliptische oder parabolische Bahn, bei den Meteoriten aber eine Hyperbel beschreibt. — [D. Herausg.]

[35] (S. 83.) Einer meiner Freunde, der an genaue trigonometrische Messungen gewöhnt war, sah in Popayan, einer Stadt, die in 2°26′ nördl. Breite und in 5520′ Höhe (1793 m) über dem Meere liegt, in der Mittagsstunde, bei hellem Sonnenschein und wolkenlosem Himmel, im Jahre 1788 sein ganzes Zimmer durch eine Feuerkugel erleuchtet. Er stand mit dem Rücken gegen das Fenster und als er sich umdrehte, war noch ein größerer Teil der von der Feuerkugel durchlaufenen Bahn vom hellsten Glanze. — Ich würde mich gern in dem Naturgemälde, statt des widrigen Ausdruckes Sternschnuppe der ebenfalls echt deutschen Wörter Stern-

schuß oder Sternfall (schwed. stjernfall, engl. star-shoot, ital. stella cadente) bedient haben, wenn ich es mir nicht in allen meinen Schriften zum Gesetz gemacht hätte, da, wo etwas Bestimmtes und allgemein Bekanntes zu bezeichnen ist, das Ungewöhnlichere zu vermeiden. Nach der rohen Volksphysik schneuzen und putzen sich die Himmelslichter. In der Waldgegend des Orinoko, an den einsamen Ufern des Cassiquiare, vernahm ich aus dem Munde der Eingebornen in der Mission Pasiva noch unangenehmere Benennungen. Sternschnuppen wurden von ihnen Harn der Sterne und der Tau, welcher perlartig die schönen Blätter der Helikonien bedeckte, Speichel der Sterne genannt. Edler und erfreulicher offenbart sich die symbolisierende Einbildungskraft in dem litauischen Mythus von dem Wesen und der Bedeutung der Sternschnuppen. „Die Spinnerin, werpeja, beginnt den Schicksalsfaden des neugeborenen Kindes am Himmel zu spinnen, und jeder dieser Fäden endet in einen Stern. Naht nun der Tod des Menschen, so reißt sein Faden, und der Stern fällt erbleichend zur Erde nieder." Jakob Grimm, Deutsche Mythologie 1843, S. 685.

[36] (S. 84.) Nach dem Berichte von Denison Olmsted, Prof. an Yale College zu New Haven (Connecticut). Kepler, der „Feuerkugeln und Sternschnuppen aus der Astronomie verbannt, weil es nach ihm Meteore sind, die, aus den Ausdünstungen der Erde entstanden, sich dem hohen Aether beimischen", drückt sich im ganzen sehr vorsichtig über sie aus. Stellae *cadentes*, sagt er, sunt materia viscida inflammata. Earum aliquae inter cadendum absumuntur, aliquae vere in terram cadunt, pondere suo tractae. Nec est dissimile vero, quasdam conglobatas esse ex materia foeculentâ, in ipsam auram aetheream immixta: exque aetheris regione, tractu rectilineo, per aërem trajicere, ceu minutos cometas, occultâ causa motus utrorumque. Kepler, Epit. Astron. Copernicanae T. I, p. 80.

[37] (S. 84.) Wenn man in den Sternschnuppen, wie in den Kometen, Kopf (Kern) und Schweif unterscheidet, so erkennt man an dem längeren und stärkeren Glanze des Schweifes die größere Durchsichtigkeit der Atmosphäre in der Tropenregion. Die Erscheinung braucht darum dort nicht häufiger zu sein, weil sie uns leichter sichtbar wird und sichtbar bleibt. Die Einwirkung der Beschaffenheit des Dunstkreises zeigt sich bei Sternschnuppen bisweilen auch in unserer gemäßigten Zone in sehr kleinen Entfernungen. Wartmann berichtet, daß in einem Novemberphänomen an zwei einander ganz nahegelegenen Orten, zu Genf und aux Planchettes, der Unterschied der gezählten Meteore wie 1 : 7 war. Der Schweif der Sternschnuppen, über den Brandes so viele genaue und feine Beobachtungen angestellt hat, ist keineswegs der Fortdauer des Lichtreizes auf der Netzhaut zuzuschreiben. Seine Sichtbarkeit dauert bisweilen eine ganze Minute, in seltenen Fällen länger als das Licht des

Kernes der Sternschnuppe; die leuchtende Bahn steht dann meist unbeweglich. Auch dieser Umstand bezeugt die Analogie zwischen großen Sternschnuppen und Feuerkugeln. Der Admiral Krusenstern sah auf seiner Reise um die Welt den Schweif einer längst verschwundenen Feuerkugel eine Stunde lang leuchten und sich überaus wenig fortbewegen. Sir Alexander Burnes gibt eine reizende Beschreibung von der Durchsichtigkeit der trockenen, die Liebe zur Astronomie einst so begünstigenden Atmosphäre von Bochara, das 1200′ (357 m) über der Meeresfläche und in 39° 43′ Breite liegt: „There is a constant serenity in its atmosphere and a clearness in the sky. At night, the stars have uncommon lustre, and the *milky way* shines gloriously in the firmament. There is also a never-ceasing display of the most brilliant meteors, which dart like rockets in the sky: ten or twelve of them are sometimes seen in *an hour*, assuming every colour: fiery, red, blue, pale and faint. It is a noble country for astronomical science, and great must have been the advantage enjoyed by the famed observatory of Samarcand.“ Burnes, Travels into Bokhara Vol. II (1834), p. 158. Man darf einem einzelnen Reisenden nicht vorwerfen, daß er viel Sternschnuppen schon 10—12 in der Stunde nennt; erst durch sorgfältige auf denselben Gegenstand gerichtete Beobachtungen ist in Europa aufgefunden worden, daß man für den Gesichtskreis einer Person 8 Meteore als Mittelzahl der Stunde zu rechnen habe, während selbst der so fleißig beobachtende Olbers diese Annahme auf 5—6 beschränkte.

[38] (S. 85.) Ich habe ganz neuerlich an einem anderen Orte (Asie centrale T. I. p. 408) zu zeigen gesucht, wie die skythische Sage vom heiligen Gold, das glühend vom Himmel fiel und der Besitz der goldenen Horde der Paralaten blieb, wahrscheinlich aus der dunkeln Erinnerung eines Aerolithenfalles entstanden ist. Die Alten fabelten auch sonderbar von Silber, das vom Himmel fiel und mit dem man bronzene Münzen zu überziehen versuchte unter dem Kaiser Severus; doch wurde das metallische Eisen in den Meteorsteinen erkannt. Der oft vorkommende Ausdruck lapidibus pluit darf übrigens nicht immer auf Aerolithenfälle gedeutet werden. In Liv. XXV, 7 bezieht er sich wohl auf Auswürflinge (Bimsstein, rapilli) des nicht ganz erloschenen Vulkans Mons Albanus, Monte Cavo. In einen anderen Ideenkreis gehört der Kampf des Herkules gegen die Ligyer, auf dem Wege vom Kaukasus zu den Hesperiden; es ist ein Versuch, den Ursprung der runden Quarzgeschiebe im ligyschen Steinfelde an der Mündung des Rhodanus, welchen Aristoteles einem Spaltenauswurf bei einem Erdbeben, Posidonius einem wellenschlagenden Binnenwasser zuschreibt, mythisch zu erklären. In den Aeschyleischen Fragmenten des gelösten Prometheus geht aber alles wie in einem Aerolithenfalle vor: Jupiter zieht ein Gewölk zusammen und läßt

„mit runder Steine Regenguß das Land umher bedecken". Schon Posidonius hat sich erlaubt, die geognostische Mythe von Geschieben und Blöcken zu bespötteln. Das ligysche Steinfeld ist übrigens bei den Alten naturgetreu beschrieben. Die Gegend heißt jetzt la Crau.

[39] (S. 85.) Das spezifische Gewicht der Aerolithen schwankt zwischen 1,9 (Alais) und 4,3 (Tabor). Die gewöhnlichere Dichte ist 3: das Wasser zu 1 gesetzt. Was die in dem Texte angegebenen wirklichen Durchmesser der Feuerkugeln betrifft, so beziehen sich die Zahlen auf die wenigen einigermaßen sicheren Messungen, welche man sammeln kann. Diese Messungen geben für die Feuerkugel von Weston (Connecticut 14. Dez. 1807) nur 500′ (162 m), für die von le Roi beobachtete (10. Juli 1771) etwa 1600′ (520 m), für die von Sir Charles Blagden geschätzte (18. Januar 1783) an 2600′ (844 m) im Durchmesser. Brandes gibt den Sternschnuppen 80—120′ (26—40 m), mit leuchtenden Schweifen von 3—4 Meilen (20—30 km) Länge. Es fehlt aber nicht an optischen Gründen, welche es wahrscheinlich machen, daß die scheinbaren Durchmesser der Feuerkugeln und Sternschnuppen sehr überschätzt worden sind. Mit dem Volum des Ceres (sollte man auch diesem Planeten nur „70 engl. Meilen [112 km] Durchmesser" geben wollen) ist das Volum der Feuerkugeln wohl nicht zu vergleichen — Ich gebe hier zur Erläuterung dessen, was S. 85 über den großen, noch nicht wieder aufgefundenen Aerolithen im Flußbette bei Narni gesagt ist, die von Pertz bekannt gemachte Stelle aus dem Chronicon Benedicti, monachi Sancti Andreae in Monte Soracte, einem Dokumente, das in das zehnte Jahrhundert gehört und in der Bibliothek Chigi zu Rom aufbewahrt wird. Die barbarische Schreibart der Zeit bleibt unverändert. „Anno — 921 — temporibus domini Johannis Decimi pape, in anno pontificatus illius 7. visa sunt signa. Nam iuxta urbem Romam lapides plurimi de coelo cadere visi sunt. In civitate quae vocatur Narnia tam diri ac tetri, ut nihil aliud credatur, quam de infernalibus locis deducti essent. Nam ita ex illis lapidibus unus omnium maximus est, ut decidens in flumen Narnus, ad mensuram unius cubiti super aquas fluminis usque hodie videretur. Nam et ignitae faculae de coelo plurimae omnibus in hac Romani populi visae sunt, ita ut pene terra contingeret. Aliae cadentes etc." Ueber den Aerolithen bei Aegos Potamoi, dessen Fall die Parische Chronik in Ol. 78,1 setzt. (S. auch unten die Noten 47, 60 und 61.) Nach einer mongolischen Volkssage soll nahe an den Quellen des gelben Flusses im westlichen China in einer Ebene ein 40′ (13 m) hohes schwarzes Felsstück vom Himmel gefallen sein.

[40] (S. 86.) Mein verewigter Freund Poisson suchte die Schwierigkeit einer Annahme der Selbstentzündung der Meteorsteine in einer Höhe, wo die Dichtigkeit der Atmosphäre fast null

ist, auf eine eigene Weise zu lösen. „A une distance de la terre où la densité de l'atmosphère est tout-à-fait insensible, il serait difficile d'attribuer, comme on le fait, l'incandescence des aërolithes à un frottement contre les molécules de l'air. Ne pourrait-on pas supposer que le fluide électrique à l'état neutre forme une sorte d'atmosphère, qui s'étend beaucoup au-delà de la masse d'air, qui est soumise à l'attraction de la terre, quoique physiquement impondérable, et qui suit, en conséquence, notre globe dans ses mouvements? Dans cette hypothèse, les corps dont il s'agit, en entrant dans cette atmosphère impondérable, décomposeraient le fluide neutre, par leur action inégale sur les deux électricités, et ce serait en s'électrisant qu'ils s'échaufferaient et deviendraient incandescents." (Poisson, rech. sur la Probabilité des jugements 1837, p. VI.)

[41] (S. 86.) Neuerdings hat Raoul Pictet am 29. Juli 1884 ein überaus glänzendes Meteor beobachtet und darüber so zuverlässige Daten gesammelt, daß sie einer Rechnung zu Grunde gelegt werden konnten, wonach er den Ort des Erscheinens des Meteors auf 500—600 km oberhalb der Erdoberfläche fixieren konnte; eine ganz kolossale Höhe verglichen mit den bisher allgemein üblichen Vorstellungen über die Grenze unserer Atmosphäre. — [D. Herausg.]

[42] (S. 86.) Die erste Ausgabe von Chladnis wichtiger Schrift über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderen Eisenmassen erschien zwei Monate vor dem Steinregen in Siena und zwei Jahre früher als Lichtenbergs Behauptung im Göttinger Taschenbuche: „daß Steine aus dem allgemeinen Weltraume in unsere Atmosphäre gelangen".

[43] (S. 87.) Encke in Poggend. Annalen Bd. XXXIII, 1834, S. 213, Arago im Ann. pour 1836 p. 291; zwei Briefe von mir an Benzenberg vom 19. Mai und 22. Oktober 1837 über das mutmaßliche Fortrücken der Knoten in der Bahn periodischer Sternschnuppenströme. Auch Olbers hat sich später dieser Meinung von der allmählichen Verspätung des Novemberphänomens angeschlossen. Wenn ich zwei von den Arabern aufgezeichnete Sternschnuppenfälle mit der von Boguslawski aufgefundenen Epoche des vierzehnten Jahrhunderts verbinden darf, so ergeben sich mir folgende, mehr oder minder übereinstimmende Elemente der Knotenbewegung:

Im Oktober 902, in der Todesnacht des Königs Ibrahim ben Ahmed, ein großer Sternschnuppenfall, „einem feurigen Regen gleich". Das Jahr ward deshalb das Jahr der Sterne genannt.

Am 19. Oktober 1202 schwankten die Sterne die ganze Nacht hindurch. „Sie fielen wie Heuschrecken."

Am 21. Oktober a. St. 1836, *die sequente* post festum XI millia Virginum, ab hora matutina usque ad horam primam

visae sunt quasi stellae de caelo cadere continuo, et in tanta *multitudine*, quod nemo narrare *sufficit*. Diese merkwürdige Notiz, von der noch weiter unten im Texte die Rede sein wird, hat Herr von Boguslawski der Sohn in Beneſſes (de Horowic) de Weitmil oder Weitmül Chronicon Ecclesiae Pragensis p. 389 aufgefunden. Die Chronik steht auch im zweiten Teile der Scriptores rerum Bohemicarum von Pelzel und Dobrowsky 1784.

Nacht vom 9.—10. Novbr. 1787 viele Sternſchnuppen von Hemmer im ſüdlichen Deutſchland, beſonders in Mannheim, beobachtet.

Nach Mitternacht am 12. Novbr. 1799 der ungeheure Sternſchnuppenfall in Cumana, den Bonpland und ich beſchrieben haben und der in einem großen Teil der Erde beobachtet worden iſt.

Vom 12.—13. Novbr. 1822 wurden Sternſchnuppen mit Feuerkugeln gemengt in großer Zahl von Klöden in Potsdam geſehen.

13. Novbr. 1831 um 4 Uhr morgens ein großer Sternſchnuppenfall geſehen vom Kapitän Bérard an der ſpaniſchen Küſte bei Cartagena del Levante.

In der Nacht vom 13.—14. Novbr. 1833 das denkwürdige von Deniſon Olmſted in Nordamerika ſo vortrefflich beſchriebene Phänomen.

In der Nacht vom 12.—13. Novbr. 1834 derſelbe Schwarm, aber von etwas geringerer Stärke, in Nordamerika.

Am 13. Novbr. 1835 wurde von einer ſporadiſch gefallenen Feuerkugel bei Belley, im Depart. de l'Ain, eine Scheune entzündet.

Im Jahr 1838 zeigte der Strom ſich auf das beſtimmteſte in der Nacht vom 13. zum 14. November.

[44] (S. 87.) Es iſt mir nicht unbekannt, daß von den 62 in Schleſien im Jahr 1823 auf Veranlaſſung des Prof. Brandes gleichzeitig beobachteten Sternſchnuppen einige eine Höhe von 45 7/10, von 60, ja von 100 Meilen (339, 445 und 740 km) zu erreichen ſchienen: aber Olbers hält wegen Kleinheit der Parallaxen alle Beſtimmungen 30 Meilen (220 km) Höhe für zweifelhaft.

[45] (S. 87.) Die planetariſche Translationsgeſchwindigkeit, das Fortrücken in der Bahn, iſt bei Merkur 6,6, bei Venus 4,8, bei der Erde 4,1 Meilen in der Sekunde (49, 35,6 und 30,4 km).

[45a] (S. 88.) Chladni hat aufgefunden, daß ein italieniſcher Phyſiker, Paolo Maria Terzago, 1660, bei Gelegenheit eines Aerolithenfalles zu Mailand, in dem ein Franziskanermönch getötet wurde, zuerſt von der Möglichkeit geſprochen habe, daß die Aerolithen Mondſteine ſein könnten. Labant philosophorum mentes, ſagt er in ſeiner Schrift (Musaeum Septalianum. Manfredi Septalae. Patricii Mediolanensis, industrioso labore constructum, Tortona 1664, p. 44). sub horum lapidum ponderibus; ni dicere velimus, lunam terram alteram, sive mundum esse, ex cujus montibus divisa frusta in inferiorem nostrum hunc orbem

delabantum. Ohne von dieser Vermutung etwas zu wissen, wurde Olbers im Jahr 1795 nach dem berühmten Steinfall von Siena (16. Juni 1794) auf die Untersuchung geleitet, wie groß die anfängliche Wurfkraft sein müsse, wenn vom Monde ausgeworfene Massen bis zur Erde gelangen sollten. Ein solches ballistisches Problem beschäftigte zehn bis zwölf Jahre lang die Geometer Laplace, Biot, Brandes und Poisson. Die damals noch sehr verbreitete, jetzt aufgegebene Meinung von thätigen Vulkanen im luft- und wasserleeren Monde begünstigte im Publikum die Verwechselung von dem, was mathematisch möglich und physikalisch wahrscheinlich, d. h. anderen Hypothesen vorzuziehen sei. Olbers, Brandes und Chladni glaubten „in der relativen Geschwindigkeit von 4 bis 8 Meilen (29½—60 km), mit welcher Feuerkugeln und Sternschnuppen in unsere Atmosphäre kommen", die Widerlegung ihres selenitischen Ursprungs zu finden. Um die Erde zu erreichen, würde nach Olbers, ohne den Widerstand der Luft in Anschlag zu bringen, eine anfängliche Geschwindigkeit von 7780′ (2527 m) in der Sekunde (nach Laplace 7377′ oder 2396 m, nach Biot 7771′ oder 2524 m, nach Poisson 7123′ oder 2314 m) hinlänglich sein. Laplace nennt diese Anfangsgeschwindigkeit nur 5—6mal größer als diejenige, welche die Kraft unserer [damaligen] Geschütze hervorbringt; aber Olbers hat gezeigt, „daß bei einer solchen anfänglichen Geschwindigkeit von 7500—8000′ (2436—2600 m) in der Sekunde die Meteorsteine nur mit der Geschwindigkeit von 35 000, (1,53 geogr. Meilen oder 11,4 km) an die Oberfläche unserer Erde gelangen würden. Da nun die gemessene Geschwindigkeit der Meteorsteine im Mittel von 5 geograph. Meilen, über 114 000′ (37,1 km) in der Sekunde ist, so müßte die ursprüngliche Wurfgeschwindigkeit im Monde von fast 110 000′ (35 732 m), also 14mal größer sein, als sie Laplace annimmt". Der Mangel des Widerstandes der Luft würde allerdings, wenn vulkanische Kräfte noch jetzt als thätig angenommen werden dürften, der Wurfkraft von Mondvulkanen einen Vorzug vor der Wurfkraft der Erdvulkane geben; aber auch über das Maß der Kräfte der letzteren fehlt es an allen sicheren Beobachtungen. Es ist sogar wahrscheinlich, daß dies Maß sehr überschätzt wird. Ein sehr genauer und messender Beobachter der Aetnaphänomene, Dr. Peters, hat die größte Geschwindigkeit der aus dem Krater ausgeworfenen Steine nur 1250′ (406 m) in der Sekunde gefunden. Beobachtungen am Pik von Tenerifa 1798 gaben 3000′ (975 m). Wenn Laplace auch am Ende seines Wertes (expos. du Syst. du Monde, éd. de 1824 p. 399) von den Aerolithen sehr vorsichtig sagt: „que selon toutes les vraisemblances elles viennent des profondeurs de l'espace céleste," so sieht man doch an einer anderen Stelle, daß er, wahrscheinlich mit der ungeheuren planetarischen Geschwindigkeit der Meteorsteine unbekannt, sich zu der selenitischen Hypothese mit einiger Vorliebe hinneigte, aber immer voraussetzte, daß die vom

Monde ausgeworfenen Steine „deviennent des satellites de la terre, décrivant autour d'elle une orbite plus ou moins allongée, de sorte qu'ils n'atteignent l'atmosphère de la terre qu'après plusieurs et même un très grand nombre de révolutions.“ So wie ein Italiener in Tortona den Einfall hatte, die Aerolithen kämen aus dem Monde, so hatten griechische Physiker auch den Einfall gehabt, sie kämen aus der Sonne. Einer solchen Meinung erwähnt Diogenes Laertius II. 9 von dem Ursprunge der bei Aegos Potamoi niedergefallenen Masse (s. oben Note 40). Der alles registrierende Plinius wiederholt die Meinung und bespöttelt sie um so lieber, weil er mit Früheren den Anaxagoras beschuldigt, den Aerolithenfall aus der Sonne vorhergesagt zu haben: „celebrant Graeci Anaxagoram Clazomenium Olympiadis septuagesimae octavae secundo anno praedixissi caelestium litterarum scientia, quibus diebus saxum casurum esse e sole, idque factum interdiu in Thraciae parte ad Aegos flumen. — Quod si quis praedictum credat, simul fateatur necesse est, majoris miraculi divinitatem Anaxagorae fuisse, solvique rerum naturae intellectum, et confundi omnia, si aut ipse Sol lapis esse aut unquam lapidem in eo fuisse credatur; decidere tamen crebro non erit dubium.“ Auch den Fall des Steines von mäßiger Größe, der im Gymnasium zu Abydos aufbewahrt wird, soll Anaxagoras prophezeit haben. Aerolithenfälle bei hellem Sonnenschein und wenn die Mondscheibe nicht sichtbar war, haben wahrscheinlich auf die Idee der Sonnensteine geführt. Auch war, nach einem der physischen Dogmen des Anaxagoras, die ihn (wie zu unserer Zeit die Geologen) theologischen Verfolgungen aussetzten, die Sonne „eine geschmolzene feurige Masse“ (μύδρος διάπυρος). Im Phaethon des Euripides wurde nach denselben Ansichten des Klazomeniers die Sonne ebenfalls eine „goldene Schelle“ genannt, d. h. eine feuerfarbene, hellleuchtende Materie, woraus man aber nicht auf Aerolithen als goldene Sonnensteine (s. oben Note 39) schließen muß. — Wir finden demnach bei den griechischen Physikern vier Hypothesen: einen tellurischen Ursprung der Sternschnuppen von aufsteigenden Dünsten, Steinmassen von Orkanen gehoben bei Aristoteles, Ursprung aus der Sonne, Ursprung aus den Himmelsräumen als lange unsichtbar gebliebener Himmelskörper. Ueber diese letzte, mit der unsrigen ganz übereinstimmende Meinung des Diogenes von Apollonia, s. den Text S. 95. Merkwürdig ist es, daß man noch in Syrien, wie mich ein gelehrter Orientalist, mein persischer Lehrer, Herr Andrea de Nerciat (jetzt in Smyrna), versichert hat, nach einem alten Volksglauben, in sehr hellen Mondnächten Steinfälle aus der Luft besorgt. Die Alten waren dagegen sehr aufmerksam auf den Fall der Meteormassen bei Mondfinsternissen. Ueber die Unwahrscheinlichkeit, daß die Meteormassen aus metallauflösenden Gasarten entstehen, die nach Fusinieri in den

höchsten Schichten unserer Atmosphäre gelagert sein sollen und, vorher in ungeheure Räume zerstreut, plötzlich zusammengerinnen, wie über Penetration und Mischbarkeit der Gasarten s. meine Relat. hist. T. I, p. 525.

[46] (S. 88.) Bessel in Schum. astr. Nachr. 1839, Nr. 380 und 381, S. 222 und 346. Am Schlusse der Abhandlung findet sich eine Zusammenstellung der Sonnenlängen mit den Epochen des Novemberphänomens seit der ersten Beobachtung in Cumana von 1799.

[47] (S. 89.) Dr. Thomas Forster berichtet, daß zu Cambridge im Christ Church College ein Manuskript unter dem Titel Ephemerides rerum naturalium aufbewahrt wird, das man einem Mönche im vorigen Jahrhundert zuschreibt. In diesem Manuskript sind bei jedem Tage Naturerscheinungen angedeutet: das erste Blühen der Pflanzen, die Ankunft der Vögel u. s. f. Der 10. August ist durch das Wort meteorodes bezeichnet. Diese Bezeichnung und die Tradition der feurigen Thränen des heil. Laurentius hatten Herrn Forster besonders veranlaßt, das Augustphänomen eifrigst zu verfolgen.

[48] (S. 89.) Arago sagt vom Novemberphänomen: „Ainsi se confirme de plus en plus à nous l'existence d'une zone composée de millions de petits corps dont les orbites rencontrent le plan de l'écliptique vers le point que la terre va occuper tous les ans, du 11 au 13 novembre. C'est un nouveau monde planétaire qui commence à se révéler à nous."

[49] (S. 90.) Vergl. Muschenbroek, Introd. ad Phil. Nat. 1762, T. II, p. 1061; Howard, Climate of London Vol. II, p. 23: Beobachtungen vom Jahr 1806, also 7 Jahre nach den frühesten Beobachtungen von Brandes; Augustbeobachtungen von Thomas Forster, von Adolf Erman, Boguslawski und Kreil. Ueber den Anfangspunkt im Perseus am 10. August 1839 s. die genauen Messungen von Bessel und Erman; aber am 10. August 1837 scheint die Bahn nicht rückläufig gewesen zu sein.

[50] (S. 90.) Am 25. April 1095 „sahen unzählbare Augen in Frankreich die Sterne so dicht wie Hagel vom Himmel fallen" (ut grando, nisi lucerent, pro densitate putaretur); und dieses Ereignis wurde schon vor dem Konzilium von Clermont als eine Vorbedeutung der großen Bewegung in der Christenheit betrachtet. Am 22. April 1800 ward ein großer Sternschnuppenfall in Virginien und Massachusetts gesehen; es war „ein Raketenfeuer, das zwei Stunden dauerte". Arago hat zuerst auf diese traînée d'astéroïdes als eine wiederkehrende aufmerksam gemacht. Merkwürdig sind auch die Aerolithenfälle im Anfang des Monats Dezember. Für ihre periodische Wiederkehr als Meteorstrom sprechen die alte Beobachtung von Brandes in der Nacht vom 6—7. Dezember 1798 (wo er 2000 Sternschnuppen zählte) und vielleicht der ungeheure Aerolithenfall vom 11. Dezember 1836 in Brasilien

am Rio Assu bei dem Dorfe Macao. Capocci hat von 1809 bis 1839 zwölf wirkliche Aerolithenfälle zwischen dem 27.—29. Novbr., andere am 13. Novbr., 10. August und 17. Juli aufgefunden. Es ist auffallend, daß in dem Teil der Erdbahn, welcher den Monaten Januar und Februar, vielleicht auch März entspricht, bisher keine periodischen Sternschnuppen- oder Aerolithenströmungen bemerkt worden sind; doch habe ich in der Südsee den 15. März 1803 auffallend viel Sternschnuppen beobachtet, wie auch ein Schwarm derselben in der Stadt Quito kurz vor dem ungeheuren Erdbeben von Riobamba (4. Februar 1797) gesehen ward. Besondere Aufmerksamkeit verdienen demnach bisher die Epochen:

22.—25. April,
17. Juli (17.—26. Juli?).
10. August,
12.—14. November,
27.—29. November,
6.—12. Dezember.

Die Frequenz dieser Strömungen darf, so groß auch die Verschiedenheit ist zwischen isolierten Kometen und mit Asteroiden gefüllten Ringen, nicht in Erstaunen setzen, wenn man der Raumerfüllung des Universums durch Myriaden von Kometen gedenkt. [In der Folgezeit ist in der That dieser Periodizität erhöhte Aufmerksamkeit zugewandt worden und dadurch hat sich gefunden, daß wirklich noch manche andere Zeiten des Jahres durch reichere Fälle ausgezeichnet sind. So z. B. die Nächte vom 2.—3. Januar, um den 20. April, 18.—20. Oktober, 6.—8. Dezember, was zum Teil mit den obigen Angaben übereinstimmt. — D. Herausg.]

[51] (S. 90.) Man hat mir in Cumana gesagt, daß kurz vor dem furchtbaren Erdbeben von 1766, also wieder 33 Jahre vor dem Sternschnuppenfall vom 11.—12. November 1799, ein eben solches Feuerwerk am Himmel gesehen worden sei. Aber das Erdbeben war nicht im Anfang des November, sondern bereits am 21. Oktober 1766. Möchten doch Reisende in Quito den Tag ergründen können, an welchem dort der Vulkan von Cayambe eine Stunde lang wie in Sternschnuppen eingehüllt erschien, so daß man den Himmel durch Prozessionen besänftigen wollte!

[52] (S. 91.) Aus einem Briefe an mich vom 24. Januar 1838. Der ungeheure Sternschnuppenschwarm vom November 1799 wurde fast nur in Amerika, von Neu-Herrnhut in Grönland bis zum Aequator, gesehen. Der Schwarm von 1831 und 1832 war nur in Europa, der von 1833 und 1834 nur in den Vereinigten Staaten von Nordamerika sichtbar.

[53] (S. 91.) Zu Note 20 ist hinzuzufügen, daß die Bahnen von vier Kometen (568, 547, 1337 und 1385) ebenfalls nach alleinigen chinesischen Beobachtungen berechnet worden sind.

[54] (S. 92.) „Il paraît qu'un nombre, qui semble inépuisable, de corps trop petits pour être observés, se meuvent

dans le ciel, soit autour du soleil, soit autour des planètes, soit peut-être même autour des satellites. On suppose que quand ces corps sont rencontrés par notre atmosphère, la différence entre leur vitesse et celle de notre planète est assez grande pour que le frottement qu'ils éprouvent contre l'air, les échauffe au point de les rendre incandescents, et quelquefois de les faire éclater. — Si le groupe des étoiles filantes forme un anneau continu autour du soleil, sa vitesse de circulation pourra être très-différente de celle de la terre; et ces déplacements dans le ciel, par suite des actions planétaires, pourront encore rendre possible ou impossible, à différentes époques, le phénomène de la rencontre dans le plan de l'écliptique." Poisson, recherches sur la Probabilité des jugements p. 306—307.

[55] (S. 92.) Schon Plinius war auf die Farbe der Rinde aufmerksam: colore adusto; auch das lat. tribus pluisse deutet auf das gebrannte äußere Ansehen der Aerolithen.

[56] (S. 93.) Das Eisen ist immer mit Nickel und Phosphor verbunden (Schreibersit); auch findet sich meteorisches Einfach-Schwefeleisen (Troilit). Außerdem finden sich nach neueren Ergebnissen, nebst den im Texte erwähnten Bestandteilen, Silikate, welche in ihrem kristallinischen, chemischen und optischen Verhalten mit unseren entsprechenden irdischen Silikaten ganz übereinstimmen. Außer Olivin fand man Augit, Orthoklas, Albit, Anorthit, Bronzit, Enstatit u. a. m., endlich noch kleinere Mengen von Chlor, Kohlenstoff und, was Graham zuerst nachwies, Wasserstoff. — [D. Herausg.]

[57] (S. 93.) „Es ist," sagt der scharfsinnige Olbers, „eine denkwürdige und noch unbeachtete Thatsache, daß man nie fossile Meteorsteine, wie fossile Muscheln, in Sekundär- und Tertiärformationen gefunden hat. Sollte man daraus schließen können, daß vor der jetzigen letzten Ausbildung der Oberfläche unserer Erde noch keine Meteorsteine auf dieselbe herabgefallen sind, da gegenwärtig nach Schreibers wahrscheinlich in jedem Jahre an 700 Aerolithenfälle stattfinden?" Problematische nickelhaltige Massen von gediegenem Eisen sind in Nordasien (Goldseifenwerk von Petropawlowsk, 20 Meilen (150 km) in SO von Kusnezk) in 31′ (10 m) Tiefe, und neuerlichst in den westlichen Karpathen (Gebirge Magura bei Szlanicz) gefunden worden. Beide sind den Meteorsteinen sehr ähnlich.

[58] (S. 94.) „Sir Isaac said, he took all the planets to be composed of the same matter with this earth, viz. earth, water and stones, but variously concocted." Turnor, Collections for the hist. of Grantham, cont. authentic Memoirs of Sir Isaac Newton p. 172.

[59] (S. 95.) Biot schon hatte Zweifel gegen die Wahrscheinlichkeit erregt, daß der Novemberstrom Anfang Mai wieder erscheinen müsse. Mädler hat die mittlere Temperaturerniedrigung

in den verrufenen drei Maitagen durch 86jährige Berliner Beobachtungen geprüft und in den Temperaturen vom 11.—13. Mai einen Rückschritt von 1°,22 gerade zu einer Zeit gefunden, in welche fast die schnellste Vermehrung der Wärme fällt. Es wäre zu wünschen, daß das Phänomen dieser Temperaturerniedrigung, das man geneigt gewesen ist dem Schmelzen der Eismassen im Nordosten von Europa zuzuschreiben, an sehr entlegenen Punkten in Amerika oder in der südlichen Hemisphäre ermittelt würde.

[60] (S. 95.) Die Erzählung des Daimachos (Daimachos), nach welcher 70 Jahre lang ununterbrochen eine feurige Wolke am Himmel gesehen wurde, die Funken wie Sternschnuppen sprühte und endlich, sich senkend, den Stein von Aegos Potamoi, „welcher nur ein unbedeutender Teil der Wolke war", niederfallen ließ, ist sehr unwahrscheinlich, weil die Richtung und Geschwindigkeit der Feuerkugel so viele Tage lang der Erde hätte gleich bleiben müssen, was bei der von Halley beschriebenen Feuerkugel vom 19. Juli 1686 doch nur Minuten dauerte. Ob übrigens Daimachos, der Schriftsteller περὶ εὐσεβείας, eine Person mit dem Daimachos aus Platäa sei, der von Seleucus nach Indien an den Sohn des Androkottos geschickt wurde und den Strabo „einen Lügenredner" schimpft, bleibt ziemlich ungewiß. Man könnte es nach einer anderen Stelle des Plut. fast glauben; auf jeden Fall haben wir hier nur die Erzählung eines sehr späten Schriftstellers, der 1½ Jahrhunderte nach dem berühmten Aerolithenfall in Thracien schrieb und dessen Wahrhaftigkeit Plutarch ebenfalls bezweifelt (vergl. oben Note 40.)

[61] (S. 96.) Die merkwürdige Stelle bei Plut. de plac. Philos. II, 13 heißt also: „Anaxagoras lehrt, daß der umgebende Aether feurig sei der Substanz nach; und durch die Stärke des Umschwunges reiße er Felsstücke von der Erde ab, entzünde dieselben und habe sie zu Sternen gemacht." Einem solchen Umschwunge (Centrifugalkraft) soll der Klazomenier, eine alte Fabel zu einem physischen Dogma benutzend, auch das Herabfallen des Nemäischen Löwen aus dem Monde in den Peloponnes zugeschrieben haben. Wir haben demnach hier statt der Mondsteine ein Mondtier! Nach Böchs scharfsinniger Bemerkung hat der alte Mythus des Nemäischen Mondlöwen einen astronomischen Ursprung und hängt symbolisch in der Chronologie mit den Schaltcykles des Mondjahres, dem Mondkultus zu Nemea und den dortigen Festspielen zusammen.

[62] (S. 97.) Folgende denkwürdige Stelle, eine der vielen Keplerschen Inspirationen über Wärmestrahlung der Fixsterne, leises Verbrennen und Lebensprozesse findet sich in den Paralipom. in Vitell. Astron. pars optica 104 Propos. XXXII, p. 25: „Lucis proprium est calor, sydera omnia calefaciunt. De syderum luci claritatis ratio testatur, calorem universorum in minori esse proportione ad calorem unius solis, quam ut ab homine, cujus est certa caloris mensura, uterque simul percipi

et judicari possit. De cincindularum lucula tenuissima negare non potes, quin cum calore sit. Vivunt enim et moventur, hoc autem non sine calefactione perficitur. Sed neque putrescentium lignorum lux suo calore destituitur; nam ipsa putredo quidam lentus ignis est. Inest et stirpibus suus calor."

[13] (S. 99.) „There is another thing, which I recommend to the observation of mathematical men: which is, that in February, and for a little before, and a little after that month (as I have observed several years together), about 6 in the evening, when the Twilight hath almost deserted the horizon, you shal see a plainly discernable way of the Twilight striking up toward the Pleiades, and seeming almost to touch them. It is so observed any clear night, but it is best *illac nocte*. There is no such way to be observed at any other time of the year (that I can perceive), nor any other way at that time to be perceived darting up elsewhere. And I believe it hath been, and will be constantly visible at that time of the year. But what the cause of it in nature should be, I cannot yet imagine, but leave it to further enquiry." Childrey, Britannia Baconica 1661, p. 183. Dies ist die erste Ansicht und einfache Beschreibung und Erscheinung. In dem eben angeführten sonderbaren Buche von Childrey finden sich auch schon verständige Angaben über die Epoche des Eintretens der Maxima und Minima in der Verteilung der Jahreswärme, wie in dem Gange der täglichen Temperatur; Angaben über Verspätung der Extreme des Effekts in den meteorologischen Prozessen. Leider lehrt aber auch der bakonisch-philosophierende Kaplan des Lord Henry Somerset (wie Bernardin de St. Pierre), daß die Erde an den Polen zugespitzt sei. Sie war ursprünglich, sagt er, kugelrund, aber die ununterbrochen fortschreitende Zunahme der Eisschichten an beiden Polen verändert die Figur des Erdkörpers; und da das Eis sich aus Wasser bildet, nimmt die Wassermenge überall ab.

[14] (S. 99.) Dominikus Cassini und Mairan haben selbst die Behauptung aufgestellt, daß das 1668 in Persien gesehene Phänomen das Zodiakallicht gewesen sei. Delambre schreibt die Entdeckung dieses Lichtes bestimmt dem berühmten Reisenden Chardin zu; aber sowohl in Couronnement de Soliman als in mehreren Stellen seiner Reisebeschreibung erwähnt Chardin als *niazouk (nyzek)* oder petite lance nur: „la grande et fameuse comète qui parut presque par toute la terre en 1668 et dont la tête étoit cachée dans l'occident de sorte qu'on ne pouvoit en rien apercevoir sur l'horizon d'Ispahan." Der Kopf oder Kern dieses Kometen ist aber in Brasilien und in Indien gesehen worden. Ueber die Vermutung der Identität des letzten großen Kometen vom März 1843 mit dem, welchen Cassini für das Zodiakallicht hielt, s. Schum. astr. Nachr. 1843, Nr. 476 und 480. Im Persischen werden nîzehi âteschîn (feurige Spieße oder Lanzen)

auch für die Strahlen der auf- oder untergehenden Sonne gebraucht, wie nayâzik nach Freytags arabischem Lexikon stellae cadentes bedeutet. Die Vergleichung der Kometen mit Lanzen und Schwertern war übrigens besonders dem Mittelalter in allen Sprachen sehr gewöhnlich. Selbst der große Komet, welcher vom April bis Juni 1500 gesehen wurde, heißt bei den italienischen Schriftstellern der Zeit immer il Signor Atsone. — Die vielfach geäußerten Vermutungen, daß Descartes oder gar Kepler das Zodiakallicht gekannt hätten, scheinen mir ganz unhaltbar. Descartes spricht auf eine sehr dunkle Weise, wie Kometenschweife entstehen: „par des rayons obliques qui, tombant sur diverses parties des orbes planétaires, viennent des parties latérales à notre oeil par une réfraction extraordinaire"; auch wie morgens und abends Kometenschweife „comme une longue *poutre*" gesehen werden könnten, wenn die Sonne zwischen dem Kometen und der Erde steht. Diese Stelle ist so wenig auf das Zodiakallicht zu deuten als das, was Kepler von der Existenz einer Sonnenatmosphäre (limbus circa solem, coma lucida) sagt, welche in totalen Sonnenfinsternissen hindert, „daß es ganz Nacht werde". Noch unsicherer oder vielmehr irriger ist die Behauptung, daß die „trabes quas δοκοὺς vocant" eine Andeutung des zungenförmig aufsteigenden Zodiakallichtes seien, wie Cassini und Mairan vorgeben. Ueberall bei den Alten sind die trabes mit Voliden (ordores et faces) und anderen feurigen Meteoren in Verbindung gesetzt, auch wohl gar mit den langbärtigen Kometen.

[65] (S. 99.) Das seltene Manuskript, welches dem Erzbischof von Reims, le Tellier, gehört hat, enthält sehr verschiedenartige Auszüge aus einem aztekischen Ritualbuche, aus einem astrologischen Kalender und aus historischen Annalen von 1197—1549. Die letztgenannten geben zugleich Naturerscheinungen, Epochen der Erdbeben, Kometen, wie die von 1490 und 1529, und für die mexikanische Chronologie wichtige Sonnenfinsternisse an. In der handschriftlichen Historia de Tlascala von Camargo wird das in Osten fast bis zum Zenith aufsteigende Licht sonderbar genug „funkelnd und wie dick mit Sternen besäet" genannt. Auf vulkanische Ausbrüche des Popocatepetl, der sehr nahe in Südosten liegt, paßt die Beschreibung der vierzigtägigen Erscheinung gar nicht. Neuere Kommentatoren haben diese Erscheinung, die Montezuma als eine der ihm Unglück verheißenden ansah, mit der „estrella que humeava" (eigentlich: welche sprudelte, mexikanisch choloa, springen und sprudeln) verwechselt. Ueber den Zusammenhang dieses Dampfes mit dem Stern Citlal Choloha (Venus) und dem Sternberge (Citlaltepetl, dem Vulkan von Orizaba) s. meine Monuments T. II, p. 303.

[66] (S. 100.) Vergl. Sir John Herschels Betrachtungen über Volum und Lichtschwäche der planetarischen Nebelflecke. Die Meinung, daß die Sonne ein Nebelstern sei, dessen Atmosphäre

die Erscheinung des Zodiakallichtes darbietet, ist nicht von Dominikus Cassini, sondern zuerst 1731 von Mairan aufgestellt worden. Es war eine Erneuerung Keplerscher Ansichten.

[67] (S. 100.) Schon Dominikus Cassini nahm, wie später Laplace, Schubert und Poisson, zur Erklärung der Gestalt des Zodiakallichtes die Hypothese eines abgesonderten Ringes an. Er sagt bestimmt: „si les orbites de Mercure et de Vénus étoient visibles (matériellement dans toute l'étendue de leur surface), nous les verrions habituellement de la même figure et dans la même disposition à l'égard du Soleil et aux mêmes tems de l'année que la lumière zodiacale." Cassini glaubte, daß der dunstförmige Ring des Zodiakallichtes aus einer Unzahl kleiner planetenartiger Körper, die um die Sonne kreisen, zusammengesetzt sei. Er war selbst nicht abgeneigt zu glauben, daß der Fall von Feuerkugeln mit dem Durchgang der Erde durch den Zodiakalnebelring zusammenhangen könne. Olmsted und vorzüglich Biot haben diesen Zusammenhang mit dem Novemberphänomen zu ergründen gesucht — einen Zusammenhang, den Olbers bezweifelt. Ueber die Frage, ob die Ebene des Zodiakallichts mit der Ebene des Sonnenäquators vollkommen zusammentrifft. [Vergl. Note 5. D. Herausg.]

[68] (S. 100.) Heis glaubt mit viel Wahrscheinlichkeit, daß der Ring des Zodiakallichtes um die Erde innerhalb der Mondbahn schwebe. Doch ist es noch immer nicht möglich, auf diese Fragen bestimmte Antwort zu geben. — [D. Herausg.]

[69] (S. 101.) Mehrere physikalische Thatsachen scheinen anzudeuten, daß bei einer mechanischen Trennung der Materie in die kleinsten Teilchen, wenn die Masse sehr gering im Verhältnis zur Oberfläche wird, die elektrische Spannung sich bis zur Licht- und Wärmestrahlung erhöhen kann. Versuche mit einem großen Hohlspiegel haben bisher nicht entscheidende Beweise von dem Dasein strahlender Wärme im Zodiakallichte gegeben.

[70] (S. 101.) „Was Sie mir von den Lichtveränderungen im Zodiakallichte und den Ursachen sagen, welchen Sie unter den Tropen solche Veränderungen zuschreiben, hat um so mehr mein Interesse erregt, als ich seit langer Zeit, in jedem Frühjahr, besonders aufmerksam auf jene Erscheinung in unseren nördlichen Breiten gewesen bin. Auch ich habe immer geglaubt, daß das Tierkreislicht rotiere; aber ich nahm an, daß es sich mit beträchtlich zunehmender Helligkeit ganz bis zur Sonne erstrecke (gegen Poissons Aeußerung, die Sie mir mitteilen). Den lichten Kranz, der sich bei totalen Sonnenfinsternissen um die verfinsterte Sonne zeigt, habe ich für diesen glänzendsten Teil des Zodiakallichtes gehalten. Ich habe mich überzeugt, daß dieses Licht in einzelnen Jahren sehr verschieden, oft mehrere Jahre hintereinander sehr hell und ausgedehnt, oft auch, in anderen Jahren, gar nicht wahrzunehmen ist. Die erste Spur vom Dasein des Zodiakallichtes glaube ich in einem Briefe von

Rothmann an Tycho zu bemerken, der diesem meldet, er habe im Frühjahr die Tiefe der Sonne unter dem Horizont, bei Ende der Abenddämmerung, 24° gefunden. Gewiß hat Rothmann das Verschwinden des untergehenden Tierkreislichtes in den Dünsten des Abendhorizonts mit dem wirklichen Ende der Abenddämmerung verwechselt. Aufwallungen habe ich selbst, vermutlich wegen der Schwäche, womit in unseren Gegenden das Zodiakallicht erscheint, durchaus nicht bemerken können. Sie haben aber gewiß recht, wenn Sie dergleichen schnelle Lichtveränderungen himmlischer Gegenstände, die Sie in dem Tropenklima wahrgenommen, unserer Atmosphäre, vorzüglich den hohen Regionen derselben, zuschreiben. Das zeigt sich am deutlichsten in den Schweifen großer Kometen. Oft sieht man, besonders bei dem heitersten Wetter, in diesen Schweifen Pulsationen, welche vom Kopfe des Kometen, als dem niedrigsten Punkte, anfangen, und in 1 oder 2 Sekunden den ganzen Schweif durchzittern, wobei sich dann der Schweif schnell um einige Grade zu verlängern und gleich wieder zu verkürzen scheint. Daß diese Aufloderungen, auf die ehemals Robert Hooke und in neueren Zeiten Schröter und Chladni sehr aufmerksam waren, nicht in dem Kometenschweife selbst vorgehen, sondern durch unsere Atmosphäre hervorgebracht sind, wird klar, wenn man bedenkt, daß die einzelnen Teile der (mehrere Millionen Meilen langen) Kometenschweife in sehr verschiedenen Abständen von uns liegen, und daß das Licht von ihnen nur in Zeiträumen zu uns gelangen kann, die um mehrere Minuten voneinander verschieden sind. Ob, was Sie am Orinoko, nicht in Intervallen von Sekunden, sondern von Minuten gesehen, wirkliche Korustationen des Tierkreislichtes waren, oder ganz und allein den oberen Schichten unseres Lichtkreises zugehörte, will ich nicht entscheiden. Auch weiß ich mir die so merkwürdigen Erhellungen ganzer Nächte, die anomalen Verstärkungen und Verlängerungen der Dämmerung im Jahr 1831 nicht zu erklären, besonders da man bemerkt haben will, daß der hellste Teil dieser sonderbaren Dämmerungen nicht mit dem Orte der Sonne unter dem Horizonte zusammentraf." (Aus einem Briefe des Dr. Olbers an mich, Bremen den 26. März 1833.)

[71] (S. 103.) Vielleicht 1 Million Meilen (7 420 000 km) täglich, auf das mindeste in relativer Geschwindigkeit 834 000 Meilen (6 188 650 km), also mehr als die doppelte Umlaufsgeschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn um die Sonne. — [Aus Huggins Beobachtungen einer großen Anzahl von Fixsternspektren leitet Klinkerfues die Bewegung der Sonne zu 62 km in der Sekunde ab, mit einer Unsicherheit von etwa 10 km. D. Herausg.]

[72] (S. 104.) Ueber Bewegung des Sonnensystems nach Bradley, Tobias Mayer, Lambert, Lalande und William Herschel s. Arago im Annuaire pour 1842 p. 388—399; Argelander in Schum. astron. Nachr. Nr. 363, 364 und 398, und in der Abhandlung von der eigenen Bewegung des Sonnensystems 1837

S. 43 über den Perseus als Centralkörper der ganzen Sternschicht. Nach Otto Struve wird durch eine spätere Kombination für die Richtung der Sonnenbewegung gefunden: 261° 23′ A. R., + 37° 36′ Decl. und im Mittel aus Argelanders und seiner eigenen Arbeit durch eine Kombination von 797 Sternen: 259° A. R., + 34° 36′ Decl. — [Gauß glaubte den Apex der Sonnenbewegung in einem Viereck suchen zu müssen, welches durch die Punkte

258° 40′	A. R.,	30° 40′	Decl.
258° 42′	„	30° 57′	„
259° 13′	„	31° 9′	„
260° 4′	„	30° 32′	„

bestimmt ist. D. Herausg.]

[73] (S. 104.) Mädler verlegt diese hypothetische Centralsonne in die Plejaden. — [D. Herausg.]

[74] (S. 105.) Will man sich die etwas früher im Texte bezeichnete Entfernung der Fixsterne bequemer versinnlichen, so erinnere man sich, daß, wenn die Erde von der Sonne in einem Fuß Entfernung angenommen wird, Uranus 19 Fuß (6,17 m) und Wega der Leier 34½ geographische Meilen (256 km) von der Sonne entfernt ist.

[75] (S. 108.) Sir John Herschel in einem Briefe aus Feldhuysen vom 13. Januar 1836; Nicholl, Archit. of the Heavens 1838 p. 22. (S. auch einzelne Andeutungen von Sir William Herschel über den sternleeren Raum, der uns in großem Abstande von der Milchstraße trennt, in der Philos. Transact. for 1818 P. II, p. 328.)

[76] (S. 108.) Sir John Herschel, Astron. § 624; derselbe in den Observations of Nebulae and Clusters of Stars (Philos. Transact. for the year 1833 P. II, p. 479, fig. 25): „we have here a brother System bearing a real physical resemblance and strong analogy of structure of our own."

[77] (S. 108.) Sir William Herschel in den Philos. Transact. for 1785 P. I, p. 257; Sir John Herschel, Astron. § 616. („The *nebulous* region of the heavens forms a *nebulous milky way*, composed of distinct nebulae as the other of Stars." Derselbe in einem Briefe an mich vom März 1829.)

[78] (S. 109.) „*An opening in the heavens*", William Herschel in den Philos. Transact. for 1785 Vol LXXV, P. I, p. 256. S. le Français Lalande in der Connaiss. des tems pour l'an VIII, p. 383; Arago im Annuaire 1842 p. 425.

[79] (S. 110.) Im Dezember 1837 sah Sir John Herschel den Stern η Argo, der bisher als zweiter Größe und ganz unveränderlich erschienen war, schnell bis zur ersten Größe zunehmen. Im Januar 1838 war die Intensität seines Lichtes schon der von α Cent. gleich. Nach den neuesten Nachrichten fand Maclaer im März 1843 den Stern so glänzend als Canopus; ja α Crucis sah ganz dämmernd neben η Argo aus.

[80] (S. 110.) „Hence it follows that the rays of ligth of the remotest nebulae must have been almost two millions of years on their way; and that consequently, so many years ago, this object must already have had *an existence* in the sidereal heaven, in order to send out those rays by which we now perceive it." William Herschel in den Philos. Transact. for 1802 p. 498; John Herschel, Astron. § 590; Arago im Annuaire pour 1842 p. 334. 359 und 382—385.

[81] (S. 111). Aus dem schönen Sonette meines Bruders: Freiheit und Gesetz.

[82] (S. 114.) Bei den tiefsten Arbeiten der Menschen im Innern der Erde ist zu unterscheiden zwischen der absoluten Tiefe (unter der Oberfläche der Erde an dem Punkte, wo die Arbeit begonnen ist) und der relativen Tiefe (d. i. der unter dem Spiegel des Meeres). Die größte relative Tiefe, welche die Menschen bisher erreicht haben, ist vielleicht das Bohrloch zu Neu-Salzwerk bei Preußisch Minden; sie betrug im Juni 1844 genau 1873½ Par. Fuß (607,4 m); die absolute Tiefe war 2094½ Fuß (680 m). Die Temperatur des Wassers im Tiefsten stieg damals auf 32°,7 Cent., was bei der Annahme von 9°,6 mittlerer Luftwärme eine Wärmezunahme von 1° auf 29 m,6 gibt. Der artesische Brunnen von Grenelle bei Paris hat nur 1683 Fuß (547 m) absoluter Tiefe. Nach den Berichten des Missionars Imbert aus China wird die Tiefe unserer artesischen Brunnen von der der Feuerbrunnen, Ho-tsing, weit übertroffen: welche man abteuft, um sich Wasserstoffgas zu verschaffen, das zum Salzsieden angewendet wird. In der chinesischen Provinz Szü-tschuan sollen diese Feuerbrunnen sehr gewöhnlich die Tiefe von 1800 bis 2000 Fuß (584—650 m) erreichen; ja bei Tseu-lieu-tsing (Ort des Immerfließens) soll ein Ho-tsing, mit dem Seile im J. 1812 gebohrt, 3000 Fuß (975 m) tief sein. Die relative Tiefe, welche man zu Monte Massi in Toscana, südlich von Volterra, erreicht hat, beträgt nach Matteucci nur 1175 Fuß (382 m). Dem Bohrloch zu Neu-Salzwerk kommt an relativer Tiefe wahrscheinlich sehr nahe das Kohlenbergwerk zu Apendale bei Newcastle under Lyme (Staffordshire). Man arbeitet dort 725 Yards oder 2045 Par. Fuß (664 m) unter der Oberfläche. Leider ist mir die Höhe der Hängebank über dem Meeresspiegel nicht genau bekannt. Die relative Tiefe der Grube Mont Wearmouth bei Newcastle ist nur 1404 Fuß (456 m), die der Lütticher Steinkohlengrube Espérance zu Seraing nach Herrn Berghauptmann von Dechen 1271 Fuß (413 m), die ehemalige der Steinkohlengrube Marihaye bei Val St. Lambert im Maasthale nach dem Ingénieur des Mines Herrn Gernaert 1157 Fuß (376 m). Die absolut tiefsten Arbeiten, welche die Menschen unternommen haben, sind meist in so hohen Gebirgsebenen oder so hohem Thalboden angesetzt worden, daß dieselben entweder gar nicht das Niveau des Meeres erreicht haben oder zu einer sehr geringen Tiefe unter dieses Niveau gelangt sind. So hatte einst der unfahrbare Elisabethschacht zu Kuttenberg

in Böhmen die ungeheure absolute Tiefe von 3545 Fuß (1152 m). Auch zu St. Daniel und beim Geist am Rörerbühel (Landgericht Kitzbühl) waren im 16. Jahrhundert die Baue 2916 Fuß (947 m) tief. Man bewahrt noch die Grubenrisse der Arbeiten am Rörerbühel vom Jahre 1539. Man könnte glauben, daß die Kunde von der außerordentlichen Tiefe des Rörerbühel früh nach England gelangt war; denn in Gilbert de Magnete finde ich die Behauptung, daß der Mensch 2400 bis 3000 Fuß (780 bis 975 m) in die Erdrinde gedrungen sei. („Exigua videtur terrae portio, quae unquam hominibus spectanda emerget aut eruitur: cum profundius in ejus viscera, ultra efflorescentis extremitatis corruptelam, aut propter aquas in magnis fodinis, tanquam per venas scaturientes, aut propter aëris salubrioris ad vitam operariorum sustinendam necessarii defectum, aut propter ingentes sumptus ad tantos labores exantlandos, multasque difficultates, ad profundiores terrae partes penetrare non possumus: adeo ut quadringentas aut [quod rarissime] quingentas orgyas in quibusdam metallis descendisse, stupendus omnibus videatur conatus.") Die absoluten Tiefen der Bergwerke im sächsischen Erzgebirge bei Freiberg sind im Thurmhofer Zug 1824 Fuß (582 m), im Hohenbirger Zug 1714 Fuß (557 m); die relativen Tiefen erreichen nur 626 und 260 Fuß (203 und 84 m), wenn man, um die Höhe der Hängebänke jedes Schachtes über dem Meere zu finden, die Höhe von Freiberg, nach Reichs neuer Bestimmung, zu 1191 Fuß (387 m) annimmt. Die absolute Tiefe der auch durch Reichtum berufenen Grubenbaue zu Joachimsthal in Böhmen (Verkreuzung des Jung Häuer Zechen- und Andreasganges) hat volle 1989 Fuß (646 m) erreicht, so daß, wenn die Hängebank nach des Herrn von Dechen Messungen ungefähr 2250 Fuß (733 m) über dem Meere liegt, die Grubenbaue dort noch nicht einmal den Meeresspiegel erreicht haben. Am Harz wird auf der Grube Samson zu Andreasberg in 2062 Fuß (670 m) absoluter Tiefe gebaut. In dem ehemaligen spanischen Amerika kenne ich keine tiefere Grube als die Valenciana bei Guanaxuato (Mexiko), wo ich die absolute Tiefe der Planes de San Bernardo 1582 Fuß (514 m) gefunden habe. Es fehlen aber den Planes noch 5592 Fuß (1816 m), um den Meeresspiegel zu erreichen. Wenn man die Tiefe der ehemaligen Kuttenberger Grubenbaue (eine Tiefe, welche die Höhe unseres Brockens übertrifft und der des Vesuvs nur um 200 Fuß [65 m] nachsteht) mit der größten Höhe der von Menschen aufgeführten Gebäude (der Pyramide des Cheops und des Straßburger Münsters) vergleicht, so findet man das Verhältnis von 8 zu 1. Bei den vielen unbestimmten und durch falsche Reduktion der Maße auf den Pariser Fuß verunstalteten Angaben, welche unsere geognostischen Schriften noch immer enthalten, schien es mir wichtig, in dieser Anmerkung alles zusammenzustellen, was ich Sicheres über die größten absoluten und relativen Tiefen der Grubenbaue und Bohrlöcher habe auffinden können. Wenn man von Jerusalem

östlich gegen das Tote Meer hinabsteigt, so genießt man einen Anblick, den, nach unseren jetzigen hypsometrischen Kenntnissen der Oberfläche unseres Planeten, keine andere Erdgegend darbieten kann: man schreitet, indem man sich dem Spalte naht, in welchem der Jordan fließt, an hellem Tage auf Gesteinschichten, die nach Bertous und Rußeggers barometrischem Nivellement 1300 Fuß (422 m) in senkrechter Tiefe unter dem Spiegel des Mittelmeeres liegen.

[83] (S. 114.) Muldenförmig gekrümmte Schichten, die man sich einsenken und in einer zu messenden Entfernung wieder aufsteigen sieht, geben, wenn sie auch in den tiefsten Punkten nicht durch bergmännische Arbeiten erreicht werden, doch sinnliche Kenntnis von der Beschaffenheit der Erdrinde in großen Abständen von der Oberfläche. Angaben dieser Art gewähren demnach ein großes geognostisches Interesse. Ich verdanke die folgenden dem vortrefflichen Geognosten, Herrn von Dechen. Er schreibt: „Die Tiefe der Steinkohlenmulde zu Lüttich am Mont St. Gilles, welche ich gemeinschaftlich mit unserem Freunde Herrn von Oeynhausen zu 3650 Fuß (1186 m) unter der Oberfläche ermittelt habe, liegt, da der Mont St. Gilles gewiß nicht 400 Fuß (130 m) absolute Höhe hat, an 3250 Fuß (1056 m) unter dem Meeresspiegel; die Steinkohlenmulde zu Mons liegt sogar noch volle 1750 Fuß (568 m) tiefer. Alle diese Tiefen sind aber nur als gering gegen die zu betrachten, welche die Lagerungsverhältnisse der Steinkohlenflöze in dem Saarrevier (Saarbrücken) offenbaren. Ich habe nach wiederholten Aufnahmen gefunden, daß das unterste Kohlenflöz, welches in der Gegend von Duttweiler bekannt ist, bei Bettingen, nordöstlich von Saarlouis, bis 19406 und 20656 Fuß (9/10 geogr. Meilen = 6,6 km) unter dem Meeresspiegel herabgeht." Dieses Resultat übertrifft noch um 8000 Fuß (2600 m) die Annahme, welche ich im Texte des Kosmos für eine Mulde devonischer Schichten gegeben habe. Jene Steinkohlenflöze liegen also so tief unter dem Niveau des Meeres, als der Chimborazo über demselben sich erhebt: in einer Tiefe, in welcher die Erdwärme an 224° betragen muß. Von den höchsten Gipfeln des Himalaya bis zu jenen Mulden, welche die Vegetation der Vorwelt enthalten, ist demnach ein senkrechter Abstand von 45000 Fuß (14,6 km), d. i. 1/435 des Erdhalbmessers.

[84] (S. 115) Die größte bis jetzt bekannte, vom „Tuscarora" gemessene Tiefe im Stillen Ozean beträgt 8513 m, erreicht also nicht ganz die höchste Bergeshöhe, denn der Mount Everest im Himalaya erhebt sich 8840 m hoch über den Meeresspiegel. — [D. Herausg.]

[85] (S. 118) Seither ist 1853 die große, 1817 begonnene, von Struve und Tenner geleitete, russisch-skandinavische Gradmessung vollendet und die 1861 vom verstorbenen preußischen Generallieutenant von Baeyer vorgeschlagene großartige Messung, an welcher sich fast sämtliche Staaten Europas beteiligen, ins Werk gesetzt worden. — [D. Herausg.]

[86] (S. 118.) El Mundo es poco (die Erde ist klein und engel,

schreibt Kolumbus aus Jamaika an die Königin Isabella den 7. Juli 1503, nicht etwa nach den philosophischen Ansichten der beiden Römer, sondern weil es ihm vorteilhaft schien zu behaupten, der Weg von Spanien sei nicht lang, wenn man, wie er sagte, „den Orient von Westen her suche". Vgl. mein Examen crit. de l'hist. de la Géogr. au 15me siècle, wo ich zugleich gezeigt habe, daß die von Delisle, Fréret und Gosselin verteidigte Meinung, nach welcher die übermäßige Verschiedenheit in den Angaben des Erdperimeters bei den Griechen bloß scheinbar sei und auf Verschiedenheit der Stadien beruhe, schon im Jahr 1495 von Jaime Ferrer, in einem Vorschlag über die Bestimmung der päpstlichen Demarkationslinie, vorgetragen wurde.

[87] (S. 119.) Brewster, life of Sir Isaac Newton 1831 p. 162: „The discovery of the spheroidal form of Jupiter by Cassini had probably directed the attention of Newton to the determination of its cause, and consequently to the investigation of the true figure of the earth." Cassini kündigte allerdings die Quantität der Abplattung des Jupiter ($^1/_{15}$) erst 1691 an; aber wir wissen durch Lalande, daß Maraldi einige gedruckte Bogen des von Cassini angefangenen lateinischen Werkes „über die Flecken der Planeten" besaß, aus welchem zu ersehen war, daß Cassini bereits vor 1666, also 21 Jahre vor dem Erscheinen von Newtons Principia, die Abplattung des Jupiter kannte.

[88] (S. 119.) Nach neueren Ermittelungen beträgt die Abplattung der Erde $^1/_{289}$ des größten Durchmessers. — [D. Herausg.]

[89] (S. 119.) Nach Bessels Untersuchung von zehn Gradmessungen, in welcher der von Puissant aufgefundene Fehler in der Berechnung der französischen Gradmessung berücksichtigt wurde, ist die halbe große Achse des elliptischen Rotationssphäroids, dem sich die unregelmäßige Figur der Erde am meisten nähert, 3 272 077 t, 14; die halbe kleine Achse 3 261 139 t, 33; die Abplattung $^1/_{299,152}$; die Länge des mittleren Meridiangrades 57013 t, 109, mit einem Fehler von + 2t, 23. Frühere Kombinationen der Gradmessungen schwankten zwischen $^1/_{302}$ und $^1/_{297}$, so Walbeck $^1/_{302,78}$ in 1819; Ed. Schmidt $^1/_{297,16}$ in 1829 aus sieben Gradmessungen. Aus den Mondgleichungen allein fand Laplace zuerst nach den älteren Tafeln von Bürg $^1/_{304,5}$; später nach den Mondsbeobachtungen von Burckhard und Bouvard $^1/_{299,1}$.

[90] (S. 120.) Die Pendelschwingungen gaben als allgemeines Resultat der großen Expedition von Sabine (1822 und 1823, vom Aequator bis 80° nördl. Breite) $^1/_{288,7}$; nach Freycinet, wenn man die Versuchsreihen von Ile de France, Guam und Mowi (Maui) ausschließt, $^1/_{288,2}$; nach Foster $^1/_{289,5}$; nach Duperrey $^1/_{286,4}$; nach Lütke aus 11 Stationen $^1/_{269}$. Dagegen folgt aus den Beobachtungen zwischen Formentera und Dünkirchen nach Mathieu $^1/_{298,2}$, und zwischen Formentera bis Insel Unst nach Biot $^1/_{304}$. Der erste Vorschlag, die Pendellänge zur Maßbestimmung anzuwenden,

und den dritten Teil des Sekundenpendels (als wäre derselbe überall von gleicher Länge) wie einen pes horarius zum allgemeinen, von allen Völkern immer wiederzufindenden Maße festzusetzen, findet sich in Huygens Horologium oscillatorium 1673 Prop. 25. Ein solcher Wunsch wurde 1742 in einem öffentlich unter dem Aequator aufgestellten Monumente von Bouguer, La Condamine und Godin aufs neue ausgesprochen. Es heißt in der schönen Marmortafel, die ich noch unversehrt in dem ehemaligen Jesuiterkollegium in Quito gesehen habe: Penduli simplicis aequinoctialis unius minuti secundi archetypus, mensurae naturalis exemplar, utinam universalis! Aus dem, was La Condamine von unausgefüllten Stellen in der Inschrift und einem kleinen Hader über die Zahlen mit Bouguer sagt, vermutete ich, beträchtliche Unterschiede zwischen der Marmortafel und der in Paris bekannt gemachten Inschrift zu finden. Nach mehrmaliger Vergleichung bemerkte ich aber nur zwei ganz unerhebliche: ex arcu gradium $3^1/_2$ statt ex arcu gradium plus quam trium, und statt 1742 die Jahrzahl 1745. Die letztere Angabe ist sonderbar, da La Condamine im November 1744, Bouguer im Junius desselben Jahres nach Europa zurückkamen, auch Bodin Südamerika schon im Junius 1744 verlassen hatte. Die notwendigste und nützlichste Verbesserung in den Zahlen der Inschrift würde die der astronomischen Länge der Stadt Quito gewesen sein. Rouets an ägyptischen Monumenten eingegrabene Breiten geben uns ein neueres Beispiel von der Gefahr, welche eine feierliche Perpetuierung falscher oder unvorsichtig berechneter Resultate darbietet.

[91] (S. 120) Ueber die vermehrte Intensität der Anziehung in vulkanischen Inseln (St. Helena, Ualan, Fernando de Noronha, Ile de France, Guaham, Maui und Galapagos) mit Ausnahme der Insel Kawak, vielleicht wegen ihrer Nähe zu dem hohen Lande von Neu-Guinea, s. Mathieu in Delambre, Hist. de l'Astronomie au 18me siècle p. 701.

[92] (S. 120.) Zahlreiche Beobachtungen zeigen auch mitten in den Kontinenten große Unregelmäßigkeiten der Pendellängen, die man Lokalanziehungen zuschreibt. Wenn man im südlichen Frankreich und in der Lombardei von Westen nach Osten fortschreitet, so findet man in Bordeaux die geringste Intensität der Schwerkraft; und diese Intensität nimmt schnell zu in den östlicher gelegenen Orten: Figeac, Clermont-Ferrand, Mailand und Padua. Die letzte Stadt bietet das Maximum der Anziehung dar. Der Einfluß des südlichen Abhanges der Alpenkette ist nicht bloß der allgemeinen Größe ihres Volums, sondern, wie Elie de Beaumont glaubt, am meisten den Metaphyr- und Serpentingesteinen zuzuschreiben, welche die Kette gehoben haben. Am Abhange des Ararat, der mit dem Kaukasus wie im Schwerpunkte des aus Europa, Asien und Afrika bestehenden, alten Kontinents liegt, zeigen Fedorows so genaue Pendelversuche ebenfalls nicht Höhlungen, sondern dichte

vulkanische Massen an. In den geodätischen Operationen von Carlini und Plana in der Lombardei haben sich Unterschiede zwischen den unmittelbaren Breitenbeobachtungen und den Resultaten jener Operationen von 20″ bis 47″,8 gefunden. Mailand auf Bern reduziert, wie es aus der französischen Triangulation folgt, hat die Breite von 45° 27′ 52″, während daß die unmittelbaren astronomischen Beobachtungen die Breite zu 45° 27′ 35″ geben. Da die Perturbationen sich in der lombardischen Ebene bis Parma weit südlich vom Po erstrecken, so kann man vermuten, daß selbst in der Bodenbeschaffenheit der Ebene ablenkende Ursachen wirken. Aehnliche Erfahrungen hat Struve in den flächsten Teilen des östlichen Europas gemacht. Ueber den Einfluß von dichten Massen, welche man in einer geringen, der mittleren Höhe der Alpenkette gleichen Tiefe voraussetzt, s. die analytischen Ausdrücke (nach Hossard und Rozet) in den Comptes rendus de l'Acad. des Sc. T. XVIII, 1844. p. 292, welche zu vergleichen sind mit Poisson, traité de Mécanique (2. éd.) T. I. p. 482. Die frühesten Andeutungen von dem Einfluß der Gebirgsarten auf die Schwingungen des Pendels hat übrigens Thomas Young gegeben in den Philosoph. Transactions for 1819 p. 70—96. Bei den Schlüssen von der Pendellänge auf die Erdkrümmung ist wohl die Möglichkeit nicht zu übersehen, daß die Erdrinde kann früher erhärtet gewesen sein, als metallische und dichte basaltische Massen aus der Tiefe durch offene Gangklüfte eingedrungen und der Oberfläche nahe gekommen sind.

[93] (S. 121.) La Cailles Pendelmessungen am Vorgebirge der guten Hoffnung, die Mathieu mit vieler Sorgfalt berechnet hat, geben eine Abplattung von $^1/_{284,4}$; aber nach mehrfachen Vergleichungen der Beobachtungen unter gleichen Breiten in beiden Hemisphären (Neuholland und Malouinen verglichen mit Barcelona, New York und Dünkirchen) ist bisher kein Grund vorhanden, die mittlere Abplattung der südlichen Halbkugel für größer als die der nördlichen zu halten.

[94] (S. 121.) Die drei Beobachtungsmethoden geben folgende Resultate: 1) durch Ablenkung des Senkbleis in der Nähe des Berges Shehallien (galisch Thichallin) in Pertshire 4,713 bei Maskelyne, Hutton und Playfair (1774—1776 und 1810) nach einer schon von Newton vorgeschlagenen Methode; 2) durch Pendelschwingung auf Bergen 4,837 (Carlinis Beobachtungen auf dem Mont Cenis verglichen mit Biots Beobachtungen in Bordeaux; 3) durch die Drehwage von Cavendish, nach einem ursprünglich von Mitchell ersonnenen Apparate, 5,48 (nach Huttons Revision der Rechnung 5,32; nach der Revision von Eduard Schmidt 5,52; durch die Drehwage von Reich 5,44. In der Berechnung dieser, mit meisterhafter Genauigkeit von Prof. Reich angestellten Versuche war das ursprüngliche mittlere Resultat 5,43 (mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur 0,0233), ein Resultat, das, um die Größe vermehrt, um welche die

Schwungkraft der Erde die Schwerkraft vermindert, für die Breite von Freiberg (50° 55′) in 5,44 zu verwandeln ist. Die Anwendung von Massen aus Gußeisen statt des Bleies hat keine merkliche, den Beobachtungsfehlern nicht mit vollem Rechte zuzuschreibende Verschiedenheit der Anziehung, keine Spuren magnetischer Wirkungen offenbart. Durch die Annahme einer zu kleinen Abplattung der Erde und durch die unsichere Schätzung der Gesteinsdichtigkeit der Oberfläche hatte man früher die mittlere Dichtigkeit der Erde ebenfalls, wie in den Versuchen auf und an den Bergen, um $\frac{1}{6}$ zu klein gefunden: 4,761 oder 4,785. Ueber die weiter unten angeführte Hallensche Hypothese von der Erde als Hohlkugel (den Keim Frankliniſcher Ideen über das Erdbeben) s. Philos. Transact. for the year 1693 Vol. XVII. p. 563. Halley hält es für des Schöpfers würdiger, „daß der Erdball, wie ein Haus von mehreren Stockwerken, von innen und außen bewohnt sei. Für Licht in der Hohlkugel würde auch wohl auf irgend eine Weise gesorgt werden können".

[4] (S. 121.) Pryntng wie Jolly ermittelten seither eine mittlere Dichtigkeit der Erde von 5,69, doch fanden 1872–1873 Cornu und Baille durch sehr präzise Messungen mittels der Drehwage die Dichte der Erde nur 5,56 so groß wie die Dichte des Wassers, ein Ergebnis, das wohl bis jetzt als das zuverlässigste betrachtet werden darf. — [D. Herausg.]

[5] (S. 123.) Dahin gehören die vortrefflichen analytischen Arbeiten von Fourier, Biot, Laplace, Poisson, Duhamel und Lamé. In seinem Werke théorie mathématique de la Chaleur hat Poisson eine von Fouriers Ansicht ganz abweichende Hypothese entwickelt. Er leugnet den gegenwärtigen flüssigen Zustand des Kerns der Erde; er glaubt, „daß bei dem Erkalten durch Strahlung gegen das die Erde umgebende Mittel die an der Oberfläche zuerst erstarrten Teile herabgesunken sind; und daß durch einen doppelten, ab- und aufwärts gehenden Strom die große Ungleichheit vermindert worden ist, welche bei einem festen, von der Oberfläche her erkaltenden Körper stattfinden würde". Es scheint dem großen Geometer wahrscheinlicher, daß die Erstarrung in den dem Mittelpunkt näher liegenden Schichten angefangen habe; „das Phänomen der mit der Tiefe zunehmenden Wärme erstrecke sich nicht auf die ganze Erdmasse und sei bloß eine Folge der Bewegung unseres Planetensystems im Weltraume, dessen einzelne Teile durch Sternenwärme (chaleur stellaire) eine sehr verschiedene Temperatur haben". Die Wärme der Wasser unserer artesischen Brunnen wäre also, nach Poisson, bloß eine von außen in den Erdkörper eingedrungene Wärme, und man könnte letzteren „als einen Felsblock betrachten, der vom Aequator nach dem Pole geschafft wurde, aber in einer so kurzen Zeit, daß er nicht ganz zu erkalten vermochte. Die Temperaturzunahme in diesem Blocke würde sich nicht bis zu den Schichten seiner Mitte erstreckt haben". Die physikalischen

Zweifel, welche man mit Recht gegen diese sonderbare kosmische Ansicht aufgestellt hat (gegen eine Ansicht, welche dem Himmelsraume zuschreibt, was wohl eher dem ersten Uebergange der sich ballenden Materie aus dem gasförmig flüssigen in einen festen Zustand angehört), findet man gesammelt in Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie Bd. XXXIX, S. 93—100.

[97] (S. 124.) Die Wärmezunahme ist gefunden worden in dem Puits de Grenelle zu Paris von 98 1/10 Fuß (32 m), in dem Bohrloch zu Neusalzwerk bei Preußisch Minden fast 91 Fuß (29,6 m); zu Prégny bei Genf, ohnerachtet dort die obere Oeffnung des Bohrloches 1510 Fuß über dem Meeresspiegel liegt, nach Auguste de la Rive und Marcet, ebenfalls von 91 Fuß (29,6 m). Diese Uebereinstimmung der Resultate in einer Methode, welche erst im Jahre 1821 von Arago vorgeschlagen wurde, ist sehr auffallend und von drei Bohrlöchern hergenommen, von 1683 Fuß (547 m), 2094 Fuß (680 m) und 680 Fuß (221 m) absoluter Tiefe. Die zwei Punkte der Erde, in kleiner senkrechter Entfernung untereinander, deren Jahrestemperaturen wohl am genauesten bestimmt sind, sind wahrscheinlich die Temperatur der äußeren Luft der Sternwarte zu Paris und die Temperatur der Caves de l'Observatoire. Jene ist 10°,822, diese 11°,834: Unterschied 1°,012 auf 86 Fuß (28 m) Tiefe. Freilich ist in den letzten 17 Jahren, aus noch nicht ganz ausgemittelten Ursachen, wo nicht die Temperatur der Caves de l'Observatoire, doch die Anzeige des dort stehenden Thermometers, um 0°,220 gestiegen. Wenn in Bohrlöchern bisweilen das Eindringen von Wassern aus Seitenklüften einige Störung hervorbringt, so sind in Bergwerken andere Verhältnisse erkältender Luftströmung noch schädlicher für die Genauigkeit mit vieler Mühe erforschter Resultate. Das Gesamtresultat von Reichs großer Arbeit über die Temperatur der Gruben im sächsischen Erzgebirge ist eine etwas langsame Wärmezunahme von 128 1/2 Fuß (41 m,84) auf 1°. Doch hat Phillips in einem Schachte des Kohlenbergwerks von Monk Wearmouth bei Newcastle, wo, wie ich schon oben bemerkt, 1404 Fuß (456 m) unter dem Meeresspiegel gearbeitet wird, auch eine Zunahme der Wärme von 99 9/10 Fuß (32 m,4), fast ganz identisch mit Aragos Resultat im Puits de Grenelle gefunden.

[98] (S. 126.) Es ist zu bemerken, daß der Bruch 1/170 eines Centesimalgrades des Quecksilberthermometers, welcher im Texte als Grenze der Stabilität der Erdwärme seit Hipparchs Zeiten angegeben ist, auf der Annahme beruht, daß die Dilatation der Stoffe, aus denen der Erdkörper zusammengesetzt ist, gleich der des Glases sei, d. i. 1/100000 für 1° Wärme.

[99] (S. 127.) William Gilbert von Colchester, den Galilei „bis zum Neid erregen groß" nennt, sagt schon: „magnus magnes ipse est globus terrestris". Er bespöttelt die Magnetberge als Magnetpole des Fracastoro, des großen Zeitgenossen von Christoph

Kolumbus: „rejicienda est vulgaris opinio de montibus magneticis, aut rupe aliqua magnetica, aut polo phantastico a polo mundi distante.“ Er nimmt die Abweichung der Magnetnadel auf dem ganzen Erdboden für unveränderlich an (variato uniuscujusque loci constans est) und erklärt die Krümmungen der isogonischen Linien aus der Gestaltung der Kontinente und der relativen Lage der Meeresbecken, welche eine schwächere magnetische Ziehkraft ausüben als die über dem Ozean hervorragenden festen Massen.

[100] (S. 127.) Es gibt auch Perturbationen, die sich nicht weit fortpflanzen, mehr lokal sind, vielleicht einen weniger tiefen Sitz haben. Ein seltenes Beispiel solcher außerordentlichen Störung, welche in den Freiberger Gruben und nicht in Berlin gefühlt wurde, habe ich schon vor vielen Jahren bekannt gemacht. Magnetische Ungewitter, die gleichzeitig von Sizilien bis Upsala gefühlt wurden, gelangten nicht von Upsala nach Alten. Unter den vielen in neuerer Zeit aufgefundenen, gleichzeitigen und durch große Länderstrecken fortgepflanzten Perturbationen, welche in Sabines wichtigem Werke gesammelt sind, ist eine der denkwürdigsten die vom 25. September 1841, welche zu Toronto in Kanada, am Vorgebirge der guten Hoffnung, in Prag und teilweise in Vandiemensland beobachtet wurde. Die englische Sonntagsfeier, nach der es sündhaft ist, nach Sonnabend Mitternacht eine Scala abzulesen und große Naturphänomene der Schöpfung in ihrer ganzen Entwicklung zu verfolgen, hat, da das magnetische Ungewitter wegen des Längenunterschiedes in Vandiemensland auf einen Sonntag fiel, die Beobachtung desselben unterbrochen!

[101] (S. 128.) Die im Text geschilderte Anwendung der Magnetinklination zu Breitenbestimmungen längs einer N—S laufenden Küste, die wie die Küste von Chile und Peru einen Teil des Jahres in Nebel (garua) gehüllt ist, habe ich angegeben in Lamétheries Journal de Physique T. LIX, 1804, p. 449. Diese Anwendung ist in der bezeichneten Lokalität um so wichtiger, als, bei der heftigen Strömung von Süden nach Norden bis Cabo Pariña, es für die Schiffahrt ein großer Zeitverlust ist, wenn man sich der Küste erst nördlich von dem gesuchten Hafen nähert. In der Südsee habe ich vom Hafen Callao de Lima bis Truxillo, bei einem Breitenunterschiede von 3° 57′, eine Veränderung an der Magnetinklination von 9° Cent. und von Callao bis Guayaquil, bei einem Breitenunterschied von 9° 50′, eine Inklinationsveränderung von 23°,05 gefunden. Von Guarmey (Br. 10° 4′ Süd), Huaura (Br. 11° 3′) bis Chancay (Br. 11° 32′) sind die Neigungen 6°,80; 9°,00 und 10°,35 centes. Einteilung. Die Ortsbestimmung mittels der magnetischen Inklination hat da, wo der Schiffskurs die isoklinischen Linien fast senkrecht schneidet, das Merkwürdige, daß sie die einzige ist, welche jeder Zeitbestimmung, und also des Anblicks der Sonne und der anderen Gestirne entbehren kann. Ich habe vor kurzem erst auf-

gefunden, daß schon am Ende des 16. Jahrhunderts, also kaum 20 Jahre nach der Erfindung des Inklinatoriums von Robert Norman, in dem großen Werke des de Magnete von William Gilbert, Vorschläge, die Breite durch die Neigung der Magnetnadel zu bestimmen, gemacht worden sind. Gilbert rühmt die Methode als anwendbar „aëre caliginoso". Edward Wright, in der Vorrede, welche er dem großen Werke seines Lehrers beigefügt hat, nennt einen solchen Vorschlag „vieles Goldes wert". Da er mit Gilbert irrigerweise annahm, daß die isoklinischen Linien mit den geographischen Parallelkreisen, wie der magnetische Aequator mit dem geographischen, zusammenfielen, so bemerkte er nicht, daß die erwähnte Methode eine lokale und viel eingeschränktere Anwendung hat.

[102] (S. 128.) Nach Faradays Behauptung ist dem reinen Kobalt der Magnetismus ganz abzusprechen. Es ist mir nicht unbekannt, daß andere berühmte Chemiker (Heinrich Rose und Wöhler) diese Behauptung für nicht absolut entscheidend halten. Wenn von zwei mit Sorgfalt gereinigten Kobaltmassen, welche man beide für nickelfrei hält, sich die eine als ganz unmagnetisch (im ruhenden Magnetismus) zeigt, so scheint mir der Verdacht, daß die andere ihre magnetische Eigenschaft einem Mangel von Reinheit verdanke, doch wahrscheinlich und für Faradays Ansicht sprechend.

[103] (S. 129.) Die westlichen Völker, Griechen und Römer, wußten, daß Magnetismus dem Eisen langdauernd mitgeteilt werden kann („sola haec materia ferri vires a magnete lapide accipit *retinetque longo tempore*"; Plin. XXXIV, 14). Die große Entdeckung der tellurischen Richtkraft hing also allein davon ab, daß man im Occident nicht durch Zufall ein längliches Fragment Magnetstein oder einen magnetisierten Eisenstab, mittels Holz auf Wasser schwimmend oder an einem Faden hangend, in freier Bewegung beobachtet hatte.

[104] (S. 129.) Ein sehr langsames säkulares Fortschreiten oder gar eine lokale Unveränderlichkeit der Magnetdeklination hebt die Verwirrung auf, welche durch tellurische Einwirkungen in der Quantität des räumlichen Bodenbesitzes da entsteht, wo mit völliger Unbeachtung der Deklinationskorrektion das Grundeigentum, zu sehr verschiedenen Zeitepochen, durch bloße Anwendung der Bussole vermessen worden ist. „The whole mass of West-India property," sagt Sir John Herschel, „has been saved from the bottomless pit of endless litigation by the invariability of the magnetic declination in Jamaica and the surrounding archipelago during the whole of the last century, all surveys of property there having been conducted solely by the compass." In dem Mutterlande (England) hat sich die Magnetdeklination in derselben Zeit um volle 14° verändert.

[105] (S. 129.) Ich habe an einem anderen Orte gezeigt, daß man in den auf uns gekommenen Dokumenten über die Schiffahrten

von Christoph Kolumbus mit vieler Sicherheit drei Ortsbestimmungen der atlantischen Linie ohne Abweichung für den 13. September 1492, den 21. Mai 1496 und den 16. August 1498 erkennen kann. Die atlantische Kurve ohne Abweichung war zu jenen Epochen NO SW gerichtet. Sie berührte den südamerikanischen Kontinent etwas östlich vom Kap Codera, während jetzt die Berührung an der Nordküste von Brasilien beobachtet wird. Aus Gilberts Physiologia nova de Magnete sieht man deutlich (und diese Thatsache ist sehr auffallend), daß im Jahr 1600 die Abweichung noch null in der Gegend der Azoren war, ganz wie zu Kolumbus Zeit. Ich glaube, in meinem Examen critique aus Dokumenten erwiesen zu haben, daß die berühmte Demarkationslinie, durch welche der Papst Alexander VI. die westliche Hemisphäre zwischen Portugal und Spanien teilte, darum nicht durch die westlichste der Azoren gezogen wurde, weil Kolumbus eine physische Abteilung in eine politische zu verwandeln wünschte. Er legte nämlich eine große Wichtigkeit auf die Zone (raya), „auf welcher die Bussole keine Variation mehr zeige; wo Luft und Meer, letzteres mit Tang wiesenartig bedeckt, sich anders gestalten; wo kühle Winde anfangen zu wehen, und (so lehrten es ihn irrige Beobachtungen des Polarsternes) die Gestalt (Sphärizität) der Erde nicht mehr dieselbe sei".

[106] (S. 130.) Es ist eine Frage von dem höchsten Interesse für das Problem der physischen Ursachen des tellurischen Magnetismus, ob die beiden ovalen, so wunderbar in sich geschlossenen Systeme isogonischer Linien im Laufe der Jahrhunderte in dieser geschlossenen Form fortrücken oder sich auflösen und entfalten werden? In dem ostasiatischen Knoten nimmt die Abweichung von außen nach innen zu, im Knoten oder Oval der Südsee findet das Entgegengesetzte statt; ja man kennt gegenwärtig in der ganzen Südsee, östlich vom Meridian von Kamtschatka, keine Linie ohne Abweichung, keine, die unter 2° wäre. Doch scheint Cornelius Schouten am Ostertage des Jahres 1616 etwas südöstlich von Nukahiva, bei 15° südl. Breite und 132° westl. Länge, also mitten in dem jetzigen in sich geschlossenen isogonischen Systeme, die Abweichung null gefunden zu haben. Man muß bei allen diesen Betrachtungen nicht vergessen, daß wir die Richtung der magnetischen Linien in ihrem Fortschreiten nur so verfolgen können, wie sie auf der Erdoberfläche projiziert sind.

[107] (S. 131.) S. die merkwürdige Karte isoklinischer Linien im atlantischen Ocean für die Jahre 1825 und 1837 in Sabines contributions to terrestrial Magnetism 1840 p. 139.

[108] (S. 132.) Folgendes ist der historische Hergang der Auffindung des Gesetzes von der (im allgemeinen) mit der magnetischen Breite zunehmenden Intensität der Kräfte. Als ich mich 1798 der Expedition des Kapitän Baudin zu einer Erdumsegelung anschließen wollte, wurde ich von Borda, der einen warmen Anteil an der Ausführung meiner Entwürfe nahm, aufgefordert, unter verschiedenen

Breiten in beiden Hemisphären eine senkrechte Nadel im magnetischen Meridian schwingen zu lassen, um zu ergründen, ob die Intensität der Kräfte dieselbe oder verschieden sei. Auf meiner Reise nach den amerikanischen Tropenländern machte ich diese Untersuchung zu einer der Hauptaufgaben meiner Unternehmung. Ich beobachtete, daß dieselbe Nadel, welche in 10 Minuten zu Paris 245, in der Havana 246, in Merito 242 Schwingungen vollbrachte, innerhalb derselben Zeit zu San Carlos del Rio Negro (Br. 1° 53′ N., 80° 40′ W.) 216, auf dem magnetischen Aequator, d. i. der Linie, auf der die Neigung = 0 ist, in Peru (Br. 7° 1′ S., L. 80° 54′ W.) nur 211, in Lima Br. 12° 2′ S.) wieder 219 Schwingungen zeigte. Ich fand also in den Jahren 1799 bis 1803, daß die Totalkraft, wenn man dieselbe auf dem magnetischen Aequator in der peruanischen Andeskette zwischen Micuipampa und Caramarca = 1,0000 setzt, in Paris durch 1,3482, in Merito durch 1,3155, in San Carlos del Rio Negro durch 1,0480, in Lima durch 1,0773 ausgedrückt werde. Als ich in der Sitzung des Pariser Instituts am 26. Frimaire des Jahres XIII in einer Abhandlung, deren mathematischer Teil Herrn Biot zugehört, dies Gesetz der veränderlichen Intensität der tellurischen Magnetkraft entwickelte und durch den numerischen Wert der Beobachtungen in 104 verschiedenen Punkten erwies, wurde die Thatsache als vollkommen neu betrachtet. Erst nach der Lesung dieser Abhandlung, wie Biot in derselben sehr bestimmt sagt und ich in der Relation hist. T. I, p. 262, note 1 wiederholt habe, teilte Herr de Rossel seine sechs früheren, schon 1791–1794 auf Vandiemensland, Java und Amboina gemachten Schwingungsbeobachtungen an Biot mit. Aus denselben ergab sich ebenfalls das Gesetz abnehmender Kraft im indischen Archipelagus. Es ist fast zu vermuten, daß dieser vortreffliche Mann in seiner eigenen Arbeit die Regelmäßigkeit der Zu- und Abnahme der Intensität nicht erkannt hatte, da er von diesem, gewiß nicht unwichtigen, physischen Gesetze vor der Lesung meiner Abhandlung unseren gemeinschaftlichen Freunden Laplace, Delambre, Prony und Biot nie etwas gesagt hatte. Erst im Jahr 1808, vier Jahre nach meiner Rückkunft aus Amerika, erschienen die von ihm angestellten Beobachtungen. Bis heute hat man die Gewohnheit beibehalten, in allen magnetischen Intensitätstafeln, welche in Deutschland, in England und in Frankreich erschienen sind, die irgendwo auf dem Erdkörper beobachteten Schwingungen auf das Maß der Kraft zu reduzieren, welches ich auf dem magnetischen Aequator im nördlichen Peru gefunden habe, so daß bei dieser willkürlich angenommenen Einheit die Intensität der magnetischen Kraft zu Paris 1,348 gesetzt wird. Noch älter aber als des Admirals Rossel Beobachtungen sind die, welche auf der unglücklichen Expedition von la Pérouse, von dem Aufenthalt in Tenerifa (1785) an bis zur Ankunft in Macao (1787), durch Lamanon angestellt und an die Akademie der Wissenschaften geschickt wurden. Man weiß bestimmt, daß sie schon im Juli 1787

in den Händen Condorcets waren; sie sind aber trotz aller Bemühungen nicht aufgefunden worden. Von einem sehr wichtigen Briefe Lamanons an den damaligen perpetuierlichen Sekretär der Akademie, den man vergessen in dem Voyage de la Pérouse abzudrucken, besitzt der Kapitän Duperrey eine Abschrift. Es heißt darin ausdrücklich: „que la force attractive de l'aimant est moindre dans les tropiques qu'en avançant vers les pôles, et que l'intensité magnétique déduite du nombre des oscillations de l'aiguille de la boussole d'inclinaison change et augmente avec la latitude.“ Hätte die Akademie der Wissenschaften vor der damals gehofften Rückkunft des unglücklichen la Pérouse sich berechtigt geglaubt, im Lauf des Jahres 1787 eine Wahrheit zu publizieren, welche nacheinander von drei Reisenden, deren keiner den anderen kannte, aufgefunden ward, so wäre die Theorie des tellurischen Magnetismus 18 Jahre früher durch die Kenntnis einer neuen Klasse von Erscheinungen erweitert worden. Diese einfache Erzählung der Thatsachen kann vielleicht eine Behauptung rechtfertigen, welche der dritte Band meiner Relation historique (p. 616) enthält: „Les observations sur les variations du magnétisme terrestre auxquelles je me suis livré pendant 32 ans, au moyen d'instrumens comparables entre eux, en Amérique, en Europe et en Asie; embrassent, dans les deux hémisphères, depuis les frontières de la Dzoungarie chinoise jusque vers l'ouest à la Mer du Sud, qui baigne les côtes du Mexique et du Pérou, un espace de 188° de longitude, depuis les 60° de latitude nord jusqu'aux 12° de latitude sud. J'ai regardé la loi du décroissement des forces magnétiques, du pôle à l'équateur, comme le résultat le plus important de mon voyage américain.“ Es ist nicht gewiß, aber sehr wahrscheinlich, daß Condorcet den Brief Lamanons vom Julius 1787 in einer Sitzung der Akademie der Wissenschaften zu Paris vorgelesen hat; und eine solche bloße Vorlesung halte ich für eine vollgültige Art der Publikation. Die erste Erkennung des Gesetzes gehört daher unstreitig dem Begleiter la Pérouses an; aber, lange unbeachtet oder vergessen, hat, wie ich glauben darf, die Kenntnis des Gesetzes der mit der Breite veränderlichen Intensität der magnetischen Erdkraft erst in der Wissenschaft Leben gewonnen durch die Veröffentlichung meiner Beobachtungen von 1798 bis 1804. Der Gegenstand und die Länge dieser Note wird denen nicht auffallend sein, welche mit der neueren Geschichte des Magnetismus und dem durch dieselbe angeregten Zweifel vertraut sind, auch aus eigener Erfahrung wissen, daß man einigen Wert auf das legt, womit man sich fünf Jahre ununterbrochen unter den Beschwerden des Tropenklimas und gewagter Gebirgsreisen beschäftigt hat. — [Die Ansicht Humboldts, daß die Linie ohne Neigung zugleich die Linie schwächster magnetischer Erdkraft sei, weshalb er auch die an dieser Stelle gefundene Intensität als Einheit annahm, hat sich später nicht bestätigt. Diese

Humboldtsche Einheit blieb aber lange Zeit hindurch das einzige Maß für die Intensität der magnetischen Erdkraft. Gauß hat jedoch infolge seiner für die Wissenschaft des Erdmagnetismus epochemachenden Untersuchungen zur Einheit der magnetischen Kraft jene Kraft gewählt, welche in der Sekunde der Masse eines Milligramms die Beschleunigung von 1 mm erteilt. In England hat man als Längeneinheit den englischen Fuß = 304,8 mm und als Gewichtseinheit 1 Grain = 0,0648 g gewählt. Man verwandelt die englischen Einheiten in die Gaußschen, wenn man sie mit 0,4611 multipliziert umgekehrt die Gaußschen in die englischen vermittelst des Faktors 2,16885. Die Humboldtschen oder sog. konventionellen Einheiten, nach welchen die Intensität zu Paris, wie oben bemerkt, 1,348 oder 1348 war, werden auf Gauß' Einheiten reduziert vermittelst des Faktors 3,494 oder 0,00349. D. Herausg.]

[109] (S. 133). Das Maximum der Intensität der ganzen Erdoberfläche ist nach den bisher gesammelten Beobachtungen 2,052, das Minimum 0,706. Beide Erscheinungen gehören der südlichen Hemisphäre an, die erste der Br 73° 17′ S. und Länge 169° 30′ O, nahe bei Mount Erozier, in WNW des südlichen Magnetpols, an einem Punkte, wo Kapitän James Roß die Inklination der Nadel 87° 11′ fand; die zweite, von Erman beobachtete unter Br. 19° 59′ S und Länge 37° 24′ W., an 80 Meilen östlich von der brasilianischen Küste der Provinz Espiritu Santo, an einem Punkte, wo die Inklination nur 7° 55′ ist. Das genaue Verhältnis der Intensitäten ist also wie 1 zu 2,906. Man hatte lange geglaubt, die stärkste Intensität der magnetischen Erdkraft sei nur zwei- und ein halbmal so groß als die schwächste, welche die Oberfläche unseres Planeten zeigt.

[110] (S. 134.) Vom Bernstein (succinum, glessum) sagt Plinius: „Genera ejus plura. Attritu digitorum accepta caloris animo trahunt in se paleas ac folia urida quae levia sunt, ac ut magnes lapis ferri ramenta quoque." Clemens Alex. Strom. II, p. 370, wo sonderbar genug τὸ ζούγιον und τὸ ἠλεκτρον unterschieden werden. Wenn Thales und Hippias dem Magnet und dem Bernstein eine Seele zuschreiben, so deutet diese Beseelung nur auf ein bewegendes Prinzip.

[111] (S. 134.) „Der Magnet zieht das Eisen, wie der Bernstein die kleinsten Senfkörner an. Es ist wie ein Windeshauch, der beide geheimnisvoll durchwehet und pfeilschnell sich mitteilt." Diese Worte gehören dem Kuopho, einem chinesischen Lobredner des Magnets, Schriftsteller aus dem Anfang des vierten Jahrhunderts.

[112] (S. 134.) „The phenomena of periodical variations depend manifestly on the action of solar heat, operating probably through the medium of thermoelectric currents induced on the earth's surface. Beyond this rude guess however, nothing is as yet known of the physical cause. It is even still a matter of speculation, whether the solar influence be a prin-

cipal, or only a subordinate cause in the phenomena of terrestrial magnetism." (Observ. to be made in the Antarctic Exped. 1840 p. 35.)

[113] (S. 135.) Lange vor Gilbert und Hooke ward schon in dem chinesischen Werke Ou-thsa-tsou gelehrt, daß die Hitze die Richtkraft der Magnetnadel vermindere.

[114] (S. 135.) Als die erste Aufforderung zur Errichtung dieser Warten (eines Netzes von Stationen, die mit gleichartigen Instrumenten versehen sind) von mir ausging, durfte ich nicht die Hoffnung hegen, daß ich selbst noch die Zeit erleben würde, wo durch die vereinte Thätigkeit trefflicher Physiker und Astronomen, hauptsächlich aber durch die großartige und ausdauernde Unterstützung zweier Regierungen, der russischen und großbritannischen, beide Hemisphären mit magnetischen Häusern gleichsam bedeckt sein würden. Ich hatte in den Jahren 1806 und 1807 zu Berlin mit meinem Freunde und Mitarbeiter, Herrn Oltmanns, besonders zur Zeit der Solstitien und Aequinoktien, 5—6 Tage und ebensoviele Nächte ununterbrochen von Stunde zu Stunde, oft von halber zu halber Stunde, den Gang der Nadel beobachtet. Ich hatte mich überzeugt, daß fortlaufende, ununterbrochene Beobachtungen (observatio perpetua) von mehreren Tagen und Nächten den vereinzelten Beobachtungen vieler Monate vorzuziehen seien. Der Apparat, ein Pronysches magnetisches Fernrohr, in einem Glaskasten an einem Faden ohne Torsion aufgehangen, gab an einem fern aufgestellten, fein geteilten, bei Nacht durch Lampen erleuchteten Signale Winkel von 7—8 Sekunden. Magnetische Verturbationen (Ungewitter), die bisweilen in mehreren aufeinanderfolgenden Nächten zu denselben Stunden wiederkehrten, ließen mich schon damals den lebhaften Wunsch äußern, ähnliche Apparate in Westen und Osten von Berlin benutzt zu sehen, um allgemeine tellurische Phänomene von dem zu unterscheiden, was lokalen Störungen im Inneren des ungleich erwärmten Erdkörpers oder in der wolkenbildenden Atmosphäre zugehört. Meine Abreise nach Paris und die lange politische Unruhe im ganzen westlichen Europa hinderten damals die Erfüllung jenes Wunsches. Das Licht, welches (1820) die große Entdeckung Oersteds über den inneren Zusammenhang der Elektrizität und des Magnetismus verbreitete, erweckte endlich, nach langem Schlummer, ein allgemeines Interesse für den periodischen Wechsel der elektromagnetischen Ladung des Erdkörpers. Arago, der mehrere Jahre früher auf der Sternwarte zu Paris, mit einem neuen vortrefflichen Gambeyschen Deklinationsinstrumente, die längste ununterbrochene Reihe stündlicher Beobachtungen begonnen hatte, welche wir in Europa besitzen, zeigte durch Vergleichung mit gleichzeitigen Perturbationsbeobachtungen in Kasan, welchen Gewinn man aus korrespondierenden Messungen der Abweichung ziehen könne. Als ich nach einem 18jährigen Aufenthalte in Frankreich nach Berlin zurückkehrte, ließ

ich im Herbst 1828 ein kleines magnetisches Haus aufführen, nicht bloß, um die 1806 begonnene Arbeit fortzusetzen; sondern hauptsächlich, damit zu verabredeten Stunden gleichzeitig in Berlin, Paris und Freiberg (in einer Teufe von 35 Lachtern unter Tage) beobachtet werden könne. Die Gleichzeitigkeit der Perturbationen und der Parallelismus der Bewegungen für Oktober und Dezember 1829 wurde damals schon graphisch dargestellt. Eine auf Befehl des Kaisers von Rußland im Jahre 1829 unternommene Expedition im nördlichen Asien gab mir bald Gelegenheit, meinen Plan in einem größeren Maßstabe auszudehnen. Es wurde dieser Plan in einer von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften speziell ernannten Kommission entwickelt, und unter dem Schutze des Chefs des Bergkorps, Grafen von Cancrin, und der vortrefflichen Leitung des Prof. Kupffer kamen magnetische Stationen von Nicolajeff an durch das ganze nördliche Asien über Katharinenburg, Barnaul und Nertschinsk bis Peking zustande. Das Jahr 1832 bezeichnet die große Epoche, in welcher der tiefsinnige Gründer einer allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus, Friedrich Gauß, auf der Göttinger Sternwarte die nach neuen Prinzipien konstruierten Apparate aufstellte. Das magnetische Observatorium war 1834 vollendet; und in demselben Jahre verbreitete Gauß seine Instrumente und Beobachtungsmethode, an denen der sinnreiche Physiker Wilhelm Weber den lebhaftesten Anteil nahm, über einen großen Teil von Deutschland, Schweden und ganz Italien. In diesem nun von Göttingen wie von einem Centrum ausgehenden magnetischen Vereine wurden seit 1836 vier Jahrestermine von 24stündiger Dauer festgesetzt, welche mit denen der Aequinoktien und Solstitien, die ich befolgt und 1830 vorgeschlagen hatte, nicht übereinstimmten. Bis dahin hatte Großbritannien, im Besitz des größten Welthandels und der ausgedehntesten Schiffahrt, keinen Teil an der Bewegung genommen, welche seit 1828 wichtige Resultate für die ernstere Ergründung des tellurischen Magnetismus zu verheißen anfing. Ich war so glücklich, durch eine öffentliche Aufforderung, die ich von Berlin aus unmittelbar an den damaligen Präsidenten der königl. Sozietät zu London, den Herzog von Sussex, im April 1836 richtete, ein wohlwollendes Interesse für ein Unternehmen zu erregen, dessen Erweiterung längst das Ziel meiner heißesten Wünsche war. Ich drang in dem Briefe an den Herzog von Sussex auf permanente Stationen in Kanada, auf St. Helena, dem Vorgebirge der guten Hoffnung, Ile de France, Ceylon und Neu-Holland, welche ich schon fünf Jahre früher als vorteilhaft bezeichnet hatte. Es wurde in dem Schoße der Royal Society ein joint Physical and Meteorological Committee ernannt, welches der Regierung neben den fixed magnetic Observatories in beiden Hemisphären ein equipment of a naval Expedition for magnetic observations in the Antarctic Seas vorschlug. Was die Wissenschaft in dieser Angelegenheit der großen Thätigkeit von Sir John Herrschel, Sabine,

Airy und Lloyd, wie der mächtigen Unterstützung der 1838 zu Newcastle versammelten British Association for the advancement of Science verdankt, brauche ich hier nicht zu entwickeln. Im Juni 1839 wurde die magnetische antarktische Expedition unter dem Befehle des Kapitäns James Clark Roß beschlossen; und jetzt, da sie ruhmvoll zurückgekehrt ist, genießen wir zweifache Früchte: die der wichtigsten geographischen Entdeckungen am Südpole und die gleichzeitiger Beobachtungen in acht bis zehn magnetischen Stationen.

[115] (S. 136). Ampère, statt die innere Erdwärme einem Uebergange der Stoffe aus dem dunstartig-flüssigen in den starren Zustand bei Bildung des Planeten zuzuschreiben, hing der mir sehr unwahrscheinlichen Meinung an, die Erdwärme sei Folge der fortdauernden chemischen Wirkung eines Kernes von Erd- und alkalischen Metallen gegen die sich oxydierende äußere Rinde. „On ne peut douter," sagt er in der meisterhaften théorie des phénomènes électro-dynamiques (1826, p. 199), „qu'il existe dans l'intérieur du Globe des courants électro-magnétiques et que ces courants sont la cause de la chaleur qui lui est propre. Ils naissent d'un noyau métallique central, composé des métaux que Sir Humphry Davy nous a fait connaître, sur la couche oxidée qui entoure le noyau."

[116] (S. 136). Der denkwürdige Zusammenhang zwischen der Krümmung der magnetischen Linien und der Krümmung meiner Isothermen ist zuerst von Sir David Brewster aufgefunden worden. Dieser berühmte Physiker nimmt in der nördlichen Erdhälfte zwei Kältepole (poles of maximum cold) an, einen amerikanischen (Br. 73°, Länge 102° W., nahe bei Kap Walker) und einen asiatischen (Br. 73°; Länge 78° O.), daraus entstehen nach ihm zwei Wärme- und zwei Kältemeridiane, d. h. Meridiane der größten Wärme und Kälte. Schon im 16. Jahrhundert lehrte Acosta, indem er sich auf die Beobachtungen eines vielerfahrenen portugiesischen Piloten gründete, daß es vier Linien ohne Abweichung gebe. Diese Ansicht scheint durch die Streitigkeiten des Henry Bond (Verfassers des Longitude found 1676) mit Beckborrow auf Halleys Theorie der vier Magnetpole einigen Einfluß gehabt zu haben.

[117] (S. 136). Auf die Frage nach dem Wesen der Polarlichter, nach den physikalischen Bedingungen ihrer Entstehung vermag die Wissenschaft noch keine unbedingte Antwort zu geben. Wohl hat es sich in neuerer Zeit als wahrscheinlich erwiesen, daß die Erdelektrizität bei dem Zustandekommen der Nordlichter eine Rolle spiele, daß sie durch elektrische Ströme verursachte Lichterscheinungen seien. Aber wenn auch die spektroskopischen Beobachtungen zeigen, daß es Bestandteile der Luft sind, welche als Polarlicht glühen, so bleibt doch eine Möglichkeit übrig, daß es auch kosmische Erscheinungen, z. B. kosmischer Staub, sein können, die eine gewisse Rolle dabei spielen. [D. Herausg.]

[118] (S. 136.) Dove in Poggendorffs Annalen Bd. XX, S. 341, Bd. XIX, S. 388: „Die Deklinationsnadel verhält sich ungefähr wie ein atmosphärisches Elektrometer, dessen Divergenz ebenfalls die gesteigerte Spannung der Elektrizität erzeugt, ehe diese so groß geworden ist, daß der Funken (Blitz) überschlagen kann." Vergl. auch die scharfsinnigen Betrachtungen des Prof. Kämtz in seinem Lehrbuch der Meteorologie Bd. III, S. 511–519, Sir David Brewster, treatise on Magnetism p. 280. Ueber die magnetischen Eigenschaften des galvanischen Flammen- oder Lichtbogens an einer Bunsenschen Kohlenzinkbatterie s. Casselmanns Beob. (Marburg 1844) S. 56–62.

[119] (S. 139.) Parry sah selbst den großen Nordlichtbogen bei Tage stehen bleiben. Etwas ähnliches war am 9. September 1827 in England bemerkt worden. Man unterschied am hellen Mittag einen 20° hohen Lichtbogen und leuchtende, aus ihm aufsteigende Säulen in einem, nach vorhergegangenem Regen klar gewordenen Teile des Himmels.

[120] (S. 139.) Ich habe nach der Rückkunft von meiner amerikanischen Reise die aus zarten, wie durch die Wirkung abstoßender Kräfte sehr gleichmäßig unterbrochenen Wolkenhäuschen (Cirrokumulus) als Polarstreifen (bandes polaires) beschrieben, weil ihre perspektivischen Konvergenzpunkte meist anfangs in den Magnetpolen liegen, so daß die parallelen Reihen der Schäfchen dem magnetischen Meridiane folgen. Eine Eigentümlichkeit dieses rätselhaften Phänomens ist das Hin- und Herschwanken, oder zu anderer Zeit das allmähliche regelmäßige Fortschreiten des Konvergenzpunktes. Gewöhnlich sind die Streifen nur nach einer Weltgegend ganz ausgebildet; und in der Bewegung sieht man sie, erst von S nach N, und allmählich von O nach W gerichtet. Veränderten Luftströmen in der obersten Region der Atmosphäre möchte ich das Fortschreiten der Zonen nicht zuschreiben. Sie entstehen bei sehr ruhiger Luft und großer Heiterkeit des Himmels und sind unter den Tropen viel häufiger als in der gemäßigten und kalten Zone. Ich habe das Phänomen in der Andeskette fast unter dem Aequator in 14000 Fuß (4550 m) Höhe, wie im nördlichen Asien in den Ebenen zu Krasnojarsk, südlich von Buchtarminsk, sich so auffallend gleich entwickeln sehen, daß man es als einen weitverbreiteten, von allgemeinen Naturkräften abhängigen Prozeß zu betrachten hat. Bei Südpolarbanden, aus sehr leichtem Gewölk zusammengesetzt, welche Arago bei Tage den 23. Juni 1844 zu Paris bemerkte, schossen aus einem von Osten gegen Westen gerichteten Bogen dunkle Strahlen aufwärts. Wir haben schon oben (S. 107) bei nächtlich leuchtenden Nordpolarlichtern schwarzer, einem dunkeln Rauch ähnlicher Strahlen erwähnt.

[121] (S. 139.) Das Nordlicht heißt auf den Shetlandinseln the merry dancers.

[122] (S. 140.) Ueber die Höhe der Polarlichter über der Erde herrschen noch widerstreitende Meinungen. [D. Herausg.]

[123] (S. 141.) Immerhin weiß man jetzt, daß die Regel der magnetischen Störung durch die Polarlichter in den Polargegenden selbst im allgemeinen *nicht* gilt. Die Expeditionen in den Circumpolargegenden zwischen 60° und 115° n. L. haben daselbst von Parry bis auf Nares herab keinen oder doch nur einen geringen Zusammenhang zwischen den Störungen und dem Auftreten der Polarlichter gefunden, auch die schwedische Expedition auf Spitzbergen (1873—1874) hat keine hervorstehende Relation zwischen beiden Erscheinungen beobachtet. Hingegen teilte Karl Weyprecht mit, daß bei Franz-Josephs-Land in den Wintern 1872 bis 1874 die Nordlichter und die magnetischen Störungen, die hier überaus häufig und groß waren, eine enge Beziehung zeigten. [D. Herausg.]

[124] (S. 145.) Gegen das alte Vorurteil, daß Aegypten frei von Erdbeben sei, spricht schon der eine wiederhergestellte Koloß des Memnon; aber freilich liegt das Nilthal außerhalb des Erschütterungskreises von Byzanz, dem Archipel und Syrien.

[125] (S. 145.) „Tutissimum est cum vibrat crispante aedificiorum crepitu; et cum intumescit assurgens alternoque motu residet, innoxium et cum concurrentia tecta contrario ictu arietant; quoniam alter motus alteri renititur. Undantis inclinatio et fluctus more quaedam volutatio infesta est, aut cum in unam partem totus se motus impellit.“ Plin. II. 82.

[126] (S. 146.) Selbst in Italien hat man angefangen die Unabhängigkeit der Erdstöße von den Witterungsverhältnissen, d. h. von dem *Anblick* des Himmels *unmittelbar* vor der Erschütterung einzusehen. Friedrich *Hoffmanns* numerische Angaben stimmen ganz mit den Erfahrungen des Abbate *Scina* von Palermo überein. Nötliche Nebel am Tage des Erdbebens, kurz vor demselben, habe ich einigemal selbst beobachtet; ja am 4. November 1799 habe ich zwei heftige Erdstöße in dem Augenblicke eines starken Donnerschlages erlebt; der Turiner Physiker *Vasalli Eandi* hat bei den langdauernden Erdbeben von Pignerol (vom 2. April bis 17. Mai 1808) Voltas Elektrometer heftig bewegt gesehen. Aber diese Zeichen des Nebels, der veränderten Luftelektrizität, der Windstille dürfen nicht als *allgemein bedeutsam*, als mit der Erschütterung *notwendig* zusammenhangend betrachtet werden, da man in Quito, Peru und Chile, wie in Kanada und Italien so viele Erdbeben bei dem reinsten, völlig dunstfreien Himmel, bei dem frischesten Land- und Seewinde beobachtet hat. Wenn aber auch an dem Tage des Erdbebens selbst oder einige Tage vorher kein meteorologisches Zeichen die Erschütterung verkündigt, so ist doch der Einfluß der Jahreszeiten (der Frühjahrs- und Herbstäquinoktien), des Eintrittes der Regenzeit nach langer Dürre unter den Tropen, und des Wechsels der Moussons, für die der allgemeine Volksglaube spricht, nicht darum ganz wegzuleugnen, weil uns bis jetzt der genetische Zusammenhang meteorologischer Prozesse

mit dem, was in dem Inneren der Erdrinde vorgeht, wenig klar ist. Numerische Untersuchungen über die Verteilung der Erdbeben unter die verschiedenen Jahreszeiten, wie sie von Herrn von Hoff, Peter Merian und Friedrich Hoffmann mit vielem Fleiße angestellt worden sind, sprechen für die Epochen der Tag- und Nachtgleichen. — Auffallend ist es, wie Plinius am Ende seiner phantastischen Erdbebentheorie die ganze furchtbare Erscheinung ein unterirdisches Gewitter nennt, nicht sowohl wegen des rollenden Getöses, welches die Erdstöße so oft begleitet, sondern weil die elastischen, durch Spannung erschütternden Kräfte sich in inneren Erdräumen anhäufen, wenn sie in dem Lufttreise fehlen! „Ventos in causa esse non dubium reor. Neque enim unquam intremiscunt terrae, nisi sopito mari caeloque adeo tranquillo, ut volatus avium non pendeant, subtracto omni spiritu qui vehit; nec unquam nisi post ventos conditos, scilicet in venas et cavernas ejus occulto afflatu. Neque aliud est in terra tremor, quam in nube tonitruum; nec hiatus aliud quam cum fulmen erumpit, incluso spiritu luctante et ad libertatem exire nitente.“ (Plin. II, 79.) In Seneca (Nat. Quest. VI, 4—31) liegt übrigens ziemlich vollständig der Keim von allem, was man bis zur neuesten Zeit über die Ursachen der Erdbeben beobachtet und gefabelt hat.

[127] (S. 146.) Beweise, daß der Gang der stündlichen Barometerveränderungen vor und nach den Erdstößen nicht gestört werde, habe ich gegeben in Relat. hist. T. I, p. 311 und 513.

[128] (S. 148.) Ueber die bramidos von Guanaxuato s. mein Essai polit. sur la Nouv. Espagne T. I, p. 303. Das unterirdische Getöse, ohne alle bemerkbare Erschütterung in den tiefen Bergwerken und an der Oberfläche (die Stadt Guanaxuato liegt 6420 Fuß [2085 m] über dem Meere) wurde nicht in der nahen Hochebene, sondern bloß in dem gebirgigen Teile der Sierra, von der Cuesta de los Aguilares unweit Marfil bis nördlich von S. Rosa gehört. Nach einzelnen Gegenden der Sierra, 6—7 Meilen (44—52 km) nordwestlich von Guanaxuato, jenseits Chichimequillo bei der siedenden Quelle von San José de Comangillas, gelangten die Schallwellen nicht. Wunderbar gewaltsame Maßregeln wurden vom Magistrat der großen Bergstadt schon den 14. Januar (1784), als der Schrecken über den unterirdischen Donner am größten war, angeordnet. „Jede Flucht einer Familie sollte bei Reichen mit 1000 Piastern, bei Armen mit zwei Monat Gefängnis bestraft werden. Die Miliz sollte die Fliehenden zurückholen.“ Am denkwürdigsten ist die Meinung, welche die Obrigkeit (el Cabildo) von ihrem Besserwissen hegte. Ich finde in einer der Proclamas den Ausdruck: „die Obrigkeit würde in ihrer Weisheit (en su Sabiduria) schon erkennen, wenn wirkliche Gefahr vorhanden sei, und dann zur Flucht mahnen; für jetzt seien nur Prozessionen abzuhalten.“ Es entstand Hungersnot, da aus Furcht

vor den truenos keine Zufuhr aus der kornreichen Hochebene kam. — Auch die Alten kannten schon Getöse oder Erdstöße. Das sonderbare Getöse, welches vom März 1822 bis September 1824 auf der dalmatischen Insel Meleda (4 Meilen d. i. 29½ km von Ragusa) vernommen wurde und über welches Partsch viel Licht verbreitet hat, war doch bisweilen von Erdstößen begleitet.

[129] (S. 150.) In der piemontesischen Grafschaft Pignerol blieben Wassergläser, die man bis zum Ueberlaufen angefüllt hatte, stundenlang in ununterbrochener Bewegung.

[130] (S. 150.) Im Spanischen sagt man: rocas que hacen puente. Mit diesem Phänomen der Nichtfortpflanzung durch obere Schichten hängt die merkwürdige Erfahrung zusammen, daß im Anfang dieses Jahrhunderts in den tiefen Silberbergwerken zu Marienberg im sächsischen Erzgebirge Erdstöße gefühlt wurden, die man auf der Oberfläche schlechterdings nicht spürte. Die Bergleute fuhren erschrocken aus. Umgekehrt bemerkten (November 1823) die in den Gruben von Falun und Persberg arbeitenden Bergleute nichts von den heftigen Erschütterungen, welche über Tage alle Einwohner in Schrecken setzten.

[131] (S. 152.) Diese plutonische Theorie des Vulkanismus ist seither durch Const. Prévost, Poullet Scrope, Dana, Daubrée u. a. dahin ergänzt worden, daß auch die Rolle, welche das Wasser bei den vulkanischen Eruptionen spielt, in das richtige Licht gesetzt wird. [D. Herausg.]

[132] (S. 153.) Daß der Ausdruck πηλὸς διαπύρου ποταμοῦ nicht Kot (Schlammauswurf), sondern Lava andeutet, erhellt deutlich aus Strabo lib. VI, p. 412.

[133] (S. 155.) Ueber die artesischen Feuerbrunnen (Ho-tsing) in China und den alten Gebrauch von tragbarem Gas (in Bambusröhren) bei der Stadt Khiungtschéu s. Klaproth in meiner Asie centrale T. II, p. 519—530.

[134] (S. 155.) Boussingault bemerkte in den Vulkanen von Neu-Granada gar keine Ausströmung von Hydrochlorsäure, während daß Monticelli in der Eruption von 1813 am Vesuv sie in ungeheurer Menge fand.

[135] (S. 156.) Ueber die Theorie der Isogeothermen (Chthonisothermen) s. die scharfsinnigen Arbeiten von Kupffer in Poggend. Ann. Bd. XV, S. 184 und Bd. XXXII, S. 270, im Voyage dans l'Oural p. 382—398 und im Edinb. Journal of Science, new Series Vol. IV, p. 355. Vergl. Kämtz, Lehrbuch der Meteor. Bd. II, S. 217, und über das Aufsteigen der Chthonisothermen in Gebirgsgegenden Bischof S. 174—198.

[136] (S. 157.) Ueber die Temperatur der Regentropfen in Cumana, welche bis 22°,3 herabsinkt, wenn die Lufttemperatur kurz vorher 30—31° gewesen war und während des Regens 23°,4 zeigte, s. meine Rel. hist. T. II, p. 22. Die Regentropfen verändern, indem sie herabfallen, die Normaltemperatur ihrer

Entstehung, welche von der Höhe der Wolkenschichten und deren Erwärmung an der oberen Fläche durch die Sonnenstrahlen abhängt. Nachdem nämlich die Regentropfen bei ihrer ersten Bildung, wegen der frei werdenden latenten Wärme, eine höhere Temperatur als das umgebende Medium in der oberen Atmosphäre angenommen haben, erwärmen sie sich allerdings etwas mehr, indem sich im Fallen und bei dem Durchgange durch niedere, wärmere Luftschichten Wasserdampf auf sie niederschlägt und sie sich so vergrößern; aber diese Erwärmung wird durch Verdampfung kompensiert. Erkältung der Atmosphäre durch Regen wird (das abgerechnet, was wahrscheinlich dem elektrischen Prozeß bei Gewitterregen angehört) durch die Tropfen erregt, die, selbst von niedriger Temperatur wegen des Ortes ihrer Entstehung, einen Teil der kalten höheren Luftschichten herabdrängen und, den Boden benetzend, Verdampfung hervorbringen. Dies sind die gewöhnlichen Verhältnisse der Erscheinung. Wenn in seltenen Fällen die Regentropfen wärmer als die untere sie umgebende Luft sind, so kann vielleicht die Ursache in oberen warmen Strömungen oder in größerer Erwärmung langgedehnter, wenig dicker Wolken durch Insolation gesucht werden. Wie übrigens das Phänomen der Supplementarregenbogen, welche durch Interferenz des Lichtes erklärt werden, mit der Größe der fallenden Regentropfen und ihrer Zunahme zusammenhänge, ja wie ein optisches Phänomen, wenn man es genau zu beobachten weiß, uns über einen meteorologischen Prozeß nach Verschiedenheit der Zonen belehren kann, hat Arago mit vielem Scharfsinn entwickelt in Annuaire pour 1836 p. 300.

[137] (157.) Nach Boussingaults gründlichen Untersuchungen scheint mir kein Zweifel darüber obzuwalten, daß unter den Tropen in sehr geringen Tiefen die Bodentemperatur im ganzen der mittleren Lufttemperatur gleich ist. Ich begnüge mich folgende Beispiele hier anzuführen:

Stationen in der Tropenzone	1 Fuß (0,32 m) unter der Oberfläche der Erde	mittlere Temperatur der Luft	Höhe über der Meeresfläche in Par. Fuß und m
Guayaquil . . .	26°,0	25°,6	0
Anserma nuevo .	23°,7	23°,8	3231 = 1049,5
Zupia	21°,5	21°,5	3770 = 1224,6
Popayan . . .	18°,2	18°,7	5564 = 1807,4
Quito	15°,5	15°,5	8969 = 2913,4

Die Zweifel über die Erdwärme zwischen den Wendekreisen, zu denen ich selbst vielleicht durch meine Beobachtungen in der Höhle von Caripe (Cueva del Guacharo) Anlaß gegeben habe, werden durch die Betrachtung gelöst, daß ich die vermutete mittlere Lufttemperatur des Klosters Caripe (18°,5) nicht mit der Lufttempe-

ratur in der Höhle (18°,7), sondern mit der Temperatur des unterirdischen Baches (16°,8) verglichen hatte: ob ich gleich selbst schon ausgesprochen, daß zu den Wassern der Höhle sich wohl höhere Bergwasser könnten gemischt haben.

[138] (S. 158.) Die Quelle von Chaudes Aigues in der Auvergne hat nur 80°. Auch ist zu bemerken, daß, während die Aguas calientes de las Trincheras südlich von Portocabello (Venezuela) aus einem in regelmäßige Bänke gespaltenen Granit ausbrechend, fern von allen Vulkanen volle 97° Wärme zeigen, alle Quellen am Abhange der noch thätigen Vulkane (Pasto, Cotopaxi und Tunguragua) nur eine Temperatur von 36°—54° haben.

[139] (S. 158.) Die Kassotis (Brunnen des heil. Nikolaus) und Kastaliaquellen (Fuß der Phädriaden) in Pausanias X, 24, 5 und X, 8, 9; die Pirene (Altrokorinth) in Strabo p. 379; die Erasinosquelle (Berg Chaon südlich von Argos) in Herod. VI, 67 und Pausan. II, 24, 7; die Quellen von Aedepsos (Euböa), von denen einige 31°, andere 62°—75° Wärme haben, in Strabo p. 69 und 447, Athenäus II, 3,73; die warmen Quellen von Thermopylä am Fuß des Oeta, zu 65°, in Pausan. X, 21, 2. (Alles aus handschriftlichen Nachrichten von dem gelehrten Begleiter Otfried Müllers, Herrn Professor Curtius.)

[140] (S. 160.) Ueber die Macalubi (das arabische makhlub, umgestürzt, das Umgekehrte, von der Wurzel khalaba), und wie „die Erde flüssige Erde ausstößt", s. Solinus cap. 5: „idem ager Agrigentinus eructat limosas scaturigines, et ut venae fontium sufficiunt rivis subministrandis, ita in hac Siciliae parte solo nunquam deficiente, aeterna rejectatione terram terra evomit."

[141] (S. 161). Bei der Lektüre der im Texte folgenden Darstellung des Vulkanismus ist nicht zu vergessen, daß über den eigentlichen Sitz und das Wesen der Kraft, die in den Vulkanen wirkt, selbst die genaueste örtliche Untersuchung keine unzweideutige Auskunft zu geben vermag, die Wissenschaft also noch immer vor dem Rätselhaften steht, wenn es sich um die Ursache des Vulkanismus handelt. Natürlich muß sich die Erklärung der vulkanischen Phänomen wesentlich anders gestalten, je nachdem man, wie Buch und Humboldt, einen feurig-flüssigen Zustand des Erdinnern annimmt oder dasselbe, wie viele neuere thun, als längst erstarrt ansieht. Wer für die hohen Temperaturen bei Vulkanausbrüchen die richtige Quelle anzugeben weiß, besitzt, wie Mallet treffend bemerkt, den Schlüssel zum ganzen Geheimnis. Bis jetzt ist aber dieser Schlüssel noch in niemandes Besitz. Was aber die von L. v. Buch und Humboldt gemachte Unterscheidung zwischen Erhebungskrater oder Erhebungskegel und Eruptionskrater oder Eruptionskegel anbelangt, so haben neuere Beobachtungen die sogenannte Erhebungstheorie als in der Natur unbegründet erwiesen und die Aufschüttungstheorie zur Geltung gebracht. Diese Theorie

läßt die größten und komplizierteſten vulkaniſchen Gerüſte ebenſo wie die einfachſten Kegelberge durch allmähliche Aufſchüttung, d. h. durch Uebereinanderlegung von Lavaſtrömen, von Aſchen-, Schlacken- und Luftſchichten allmählich entſtehen und betrachtet Ringwälle wie die Somma am Veſuv und den Zirkus des Pik von Teneriffa als Ruinen großer Eruptionskegel, welche eingeſtürzt oder überhaupt zerſtört ſind. [D. Herausg.]

[112] (S. 162.) Schon Strabo unterſcheidet ſehr ſchön da, wo er der Trennung Siziliens von Kalabrien erwähnt, die zwiefache Bildung von Inſeln. „Einige Inſeln," ſagt er, „ſind Bruchſtücke des feſten Landes; andere ſind aus dem Meere, wie noch jetzt ſich zuträgt, hervorgegangen. Denn die Hochſeeinſeln (die weit hinaus im Meere liegenden) wurden wahrſcheinlich aus der Tiefe emporgehoben, hingegen die an Vorgebirgen liegenden ſcheinen (vernunftgemäß) dem Feſtlande abgeriſſen."

[113] (S. 162.) Oere Fisove (Mons Vesuvius) in umbriſcher Sprache; das Wort oere iſt ſehr wahrſcheinlich echt umbriſch und bedeutet, ſelbſt nach Feſtus, Berg. Aetna würde, wenn nach Voß Αἴτνη ein helleniſcher Laut iſt und mit αἴθω und αἰθήνος zuſammenhängt, ein Brand- und Glanzberg ſein; aber der ſcharfſinnige Parthey bezweifelt dieſen helleniſchen Urſprung aus etymologiſchen Gründen, auch weil der Aetna keineswegs als ein leuchtendes Feuerzeichen für helleniſche Schiffer und Wanderer daſteht, wie der raſtlos arbeitende Stromboli (Strongyle), den Homer zu bezeichnen ſcheint, wenn auch die geographiſche Lage minder beſtimmt angegeben iſt. Ich vermute, daß der Name Aetna ſich in der Sprache der Sikuler finden würde, wenn man irgend erhebliche Reſte derſelben beſäße. Nach Diodor wurden die Sikaner, d. i. die Eingebornen von Sizilien (Völker, die vor den Sikulern die Inſel bewohnten) durch Eruptionen des Aetna, welche mehrere Jahre dauerten, gezwungen, ſich in den weſtlichen Teil des Landes zu flüchten. Die älteſte beſchriebene Eruption des Aetna iſt die von Pindar und Aeſchylus erwähnte unter Hieron Ol. 75, 2. Es iſt wahrſcheinlich, daß Heſiodus ſchon verheerende Wirkungen des Aetna vor den griechiſchen Niederlaſſungen gekannt habe; doch über den Namen Αἴτνη im Text des Heſiodus bleiben Zweifel, deren ich an einem anderen Orte umſtändlicher gedacht habe.

[114] (S. 164.) Petri Bembi Opuscula (Aetna Dialogus), Basil. 1556, p. 63: „quicquid in Aetnae matris utero coalescit, nunquam exit ex cratere superiore, quod vel eo incendere gravis materia non queat, vel, quia inferius alia spiramenta sunt, non sit opus. Despumant flammis urgentibus ignei rivi pigro fluxo totas delambentes plagas, et in lapidem indurescunt."

[115] (S. 164). Daß übrigens nicht die Geſtaltung, Lage und abſolute Höhe der Vulkane die Urſache des völligen Mangels von Lavaſtrömen bei fortdauernder innerer Thätigkeit ſei, lehrt uns der größere Teil der Vulkane von Java.

[146] (S. 171.) Nach Platons geognostischen Ansichten, wie sie im Phädon entwickelt sind, spielt der Pyriphlegethon in Hinsicht auf die Thätigkeit der Vulkane ungefähr dieselbe Rolle, welche wir jetzt der mit der Tiefe zunehmenden Erdwärme und dem geschmolzenen Zustande der inneren Erdschichten zuschreiben. „Innerhalb der Erde rings umher sind größere und kleinere Gewölbe. Wasser strömt in Fülle darin, auch viel Feuer und große Feuerströme, und Ströme von feuchtem Schlamm (teils reinerem, teils schmutzigerem), wie in Sizilien die vor dem Feuerstrome sich ergießenden Ströme von Schlamm und der Feuerstrom selbst, von denen denn alle Oerter erfüllt werden, je nachdem jedesmal jeder der Ströme seinen Umlauf nimmt. Der Pyriphlegethon ergießt sich in eine weite, mit einem gewaltigen Feuer brennende Gegend, wo er einen See bildet, größer als unser Meer, siedend von Wasser und Schlamm. Von hier aus bewegt er sich im Kreise herum um die Erde trübe und schlammig." Dieser Fluß geschmolzener Erde und Schlammes ist so sehr die allgemeine Ursache der vulkanischen Erscheinungen, daß Plato ausdrücklich hinzusetzt: „So ist der Pyriphlegethon beschaffen, von welchem auch die Feuerströme (οἱ ῥύακες), wo auf der Erde sie sich auch finden mögen (ὅπῃ ἂν τύχωσι τῆς γῆς), kleine Teile (abgerissene Stücke) heraufblasen." Die vulkanischen Schlacken und Lavaströme sind demnach Teile des Pyriphlegethon selbst, Teile jener unterirdischen geschmolzenen, stets wogenden Masse Daß aber οἱ ῥύακες Lavaströme und nicht, wie Schneider, Passow und Schleiermacher wollen, „feuerspeiende Berge" bedeute, ist aus vielen, teilweise schon von Ukert gesammelten Stellen sichtbar; ῥύαξ ist das vulkanische Phänomen von seiner bedeutendsten Seite, dem Lavastrom gefaßt. Daher der Ausdruck: die ῥύακες des Aetna; Diod. V, 6 und XIV, 59, wo die merkwürdigen Worte: „viele nahe am Meer unfern dem Aetna gelegenen Orte wurden zu Grunde gerichtet ὑπὸ τοῦ καλουμένου ῥύακος"; Strabo VI, p. 269, XIII, p. 628, und von dem berühmten Glühschlamme der lelantischen Ebene auf Euböa. Der Tadel, welchen Aristoteles über die geognostischen Phantasien im Phädon ausspricht, bezieht sich eigentlich nur auf die Quellen der Flüsse, welche die Oberfläche der Erde durchströmen. Auffallend muß uns die von Plato so bestimmt ausgesprochene Ansicht sein, nach der „feuchte Schlammauswürfe in Sizilien den Glühströmen (Lavaströmen) vorhergehen." Beobachtungen am Aetna können dazu wohl keine Veranlassung gegeben haben, wenn gleich Rapilli und Asche, während des vulkanisch-elektrischen Gewitters am Eruptionskrater, mit geschmolzenem Schnee und Wasser breiartig gemischt, für ausgeworfenen Schlamm zu halten wären. Wahrscheinlicher ist es wohl, daß bei Plato die feuchten Schlammströme (ὑγροὶ πηλοὶ ποταμοί) eine dunkle Erinnerung der Salsen (Schlammvulkane) von Agrigent sind, die mit großem Getöse Letten auswerfen und deren ich schon oben (Anm. 140) erwähnt habe. Unter den vielen ver-

lorenen Schriften des Theophraſt iſt in dieſer Hinſicht der Verluſt des Buches „von dem vulkaniſchen Strom in Sizilien (περὶ ῥύακος τοῦ ἐν Σικελίᾳ), deſſen Diog. Laert. V, 39 gedenkt, zu beklagen.

147 (S. 171.) Ich zweifle, daß man, wie der geiſtreiche Charles Darwin zu wollen ſcheint, Centralvulkane im allgemeinen als Reihenvulkane von kurzer Ausdehnung auf parallelen Spalten betrachten könne. Schon Friedrich Hoffman glaubte in der Gruppe der Liparischen Inſeln, die er ſo trefflich beſchrieben und in der zwei Eruptionsſpalten ſich bei Panaria kreuzen, ein Zwiſchenglied zwiſchen den zwei Haupterſcheinungsweiſen der Vulkane, den von Leopold von Buch erkannten Central- und Reihenvulkanen zu finden.

148 (S. 172.) Seneca, indem er ſehr treffend von der problematiſchen Erniedrigung des Aetna ſpricht, ſagt in dem 79. Briefe: „Potest hoc accidere, non quia montis altitudo desedit, sed quia ignis evanuit et minus vehemens ac largus effertur: ob eandem causam, fumo quoque per diem segniore. Neutrum autem incredibile est, nec montem qui devoretur quotidie minui, nec ignem non manere eundem; quia non ipse ex se est, sed in aliqua inferna valle conceptus exaestuat et alibi pascitur: in ipso monte non alimentum habet sed viam.“ Die unterirdiſche Verbindung „durch Hohlgänge“ zwiſchen den Vulkanen von Sizilien, den Liparen, den Pithecuſen (Ischia) und dem Veſuv, „von dem man vermuten darf, er habe ehemals gebrannt und Schlundbecher des Feuers gehabt“, iſt von Strabo vollkommen erkannt worden. Er nennt die ganze Gegend „unterfeurig“.

149 (S. 173.) Ueber den Ausbruch von Methone Ovidius Metamorph. XV, 296—306):

Est prope Pittheam tumulus Troezena sine ullis
Arduus arboribus, quondam planissima campi
Area, nunc tumulus; nam — res horrenda relatu —
Vis fera ventorum, caecis inclusa cavernis,
Exspirare aliqua cupiens, luctataque frustra
Liberiore frui coelo, cum carcere rima
Nulla foret toto nec pervia flatibus esset,
Extentam tumefecit humum; ceu spiritus oris
Tendere vesicam solet, aut direpta bicorni
Terga capro. Tumor ille loci permansit, et alti
Collis habet speciem, longoque induruit aevo.

Dieſe geognoſtiſch ſo wichtige Schilderung einer glockenförmigen Hebung auf dem Kontinent ſtimmt merkwürdig mit dem überein, was Ariſtoteles über die Hebung einer Eruptionsinſel berichtet. „Das Erdbeben der Erde hört nicht eher auf, als bis jener Wind (ἄνεμος), welcher die Erſchütterung verurſacht, in der Erdrinde ausgebrochen iſt. So iſt es vor kurzem zu Heraclea in Pontus geſchehen und vormals auf Hiera, einer der äoliſchen Inſeln.

In dieser nämlich ist ein Teil der Erde aufgeschwollen und hat sich mit Getöse zu einem Hügel erhoben, solange, bis der mächtig treibende Hauch (πνεῦμα) einen Ausweg fand und Funken und Asche ausstieß, welche die nahe Stadt der Liparäer bedeckte und selbst bis zu einigen Städten Italiens gelangte." In dieser Beschreibung ist das blasenförmige Auftreiben der Erdrinde (ein Stadium, in welchem viele Trachytberge dauernd verbleiben) von dem Ausbruche selbst sehr wohl unterschieden. Auch Strabo beschreibt das Phänomen von Methone: „bei der Stadt im hermionischen Busen geschah ein flammender Ausbruch; ein Feuerberg ward emporgehoben, sieben (?) Stadien hoch, am Tage unzugänglich vor Hitze und Schwefelgeruch, aber des Nachts wohlriechend (?) und so erhitzend, daß das Meer siedete fünf Stadien weit und trübe war wohl auf zwanzig Stadien, auch durch abgerissene Felsenstücke verschüttet wurde." Ueber die jetzige mineralogische Beschaffenheit der Halbinsel Methana s. Fiedler, Reise durch Griechenland Th. I, S. 257—263.

[150] (173). Eine submarine Insel war wieder in der neuesten Zeit im Erscheinen begriffen im Krater von Santorin. Um das Jahr 1810 war diese Insel noch 15 Brassen unter der Oberfläche des Meeres, aber 1830 nur 3—4 Brassen. Sie erhebt sich steil wie ein großer Zapfen aus dem Meeresgrund; und die fortdauernde unterirdische Thätigkeit des unterseeischen Kraters offenbart sich auch dadurch, daß, wie bei Methana zu Wromolimni, hier in der östlichen Bucht von Neo-Kammeni schwefelsaure Dämpfe sich dem Meerwasser beimischen. Mit Kupfer beschlagene Schiffe legen sich in der Bucht vor Anker, damit in kurzer Zeit auf natürlichem (d. i. vulkanischem) Wege der Kupferbeschlag gereinigt und wiederum glänzend werde.

[151] (S. 173.) Erscheinungen der neuen Insel bei der azorischen Insel San Miguel: 11. Juni 1638, 31. Dezember 1719, 13. Juni 1811.

[152] (S. 173.) „Accedunt vicini et perpetui Aetnae montis ignes et insularum Aeolidum, veluti ipsis undis alatur incendium; neque enim aliter durare tot seculis tantus ignis potuisset, nisi humoris nutrimentis aleretur." (Justin., hist. Philipp. IV, 1.) Die vulkanische Theorie, mit welcher hier die physische Beschreibung von Sizilien anhebt, ist sehr verwickelt. Tiefe Lager von Schwefel und Harz, ein sehr dünner, höhlenreicher, leicht zerspaltener Boden, starke Bewegung der Meereswogen, welche, indem sie zusammenschlagen, die Luft (den Wind) mit hinabziehen, um das Feuer anzuschüren, sind die Elemente der Theorie des Trogos. Da er als Physiognomiker auch die Gesichtszüge des Menschen deutete, so darf man vermuten, daß er in seinen vielen, für uns verlorenen Schriften nicht bloß als Historiker auftrat. Die Ansicht, nach welcher Luft in das Innere der Erde hinabgedrängt wird, um dort auf die vulkanische Esse zu wirken, hing übrigens

bei den Alten mit Betrachtungen über den Einfluß der verschiedenen Windesrichtung auf die Intensität des Feuers, das im Aetna, in Hiera und Stromboli lodert, zusammen. Die Berginsel Stromboli (Strongyle) galt deshalb für den Sitz des Aeolus, „des Verwalters der Winde": da die Schiffenden nach der Heftigkeit der vulkanischen Ausbrüche von Stromboli das Wetter vorher verkündigten. Ein solcher Zusammenhang der Ausbrüche eines kleinen Vulkans mit dem Barometerstande und der Windrichtung wird noch jetzt allgemein anerkannt, so wenig auch, nach unserer jetzigen Kenntnis der vulkanischen Erscheinungen und den so geringen Veränderungen des Luftdruckes, die unsere Winde begleiten, eine genügende Erklärung gegeben werden kann. — Bembo, als Jüngling in Sizilien von geflüchteten Griechen erzogen, erzählt anmutig seine Wanderungen und stellt in Aetna Dialogus (in der Mitte des 16. Jahrhunderts) die Theorie von dem Eindringen des Meerwassers in den Herd der Vulkane und von der notwendigen Meeresnähe der letzteren auf. Es wird bei Besteigung des Aetna folgende Frage aufgeworfen: „Explana potius nobis quae petimus, ea incendia unde oriantur et orta quomodo perdurent: In omni tellure nuspiam majores fistulae aut meatus ampliores sunt quam in locis, quae vel mari vicina sunt, vel a mari profinus alluuntur: mare erodit illa facillime pergitque in viscera terrae. Itaque cum in aliena regna sibi viam faciat, ventis etiam facit; ex quo fit, ut loca quaeque maritima maxime terraemotibus subjecta sint, parum mediterranea. Habes quum in sulfuris venas venti furentes inciderint, unde incendia oriantur Aetnae tuae. Vides, quae mare in radicibus habeat, quae sulfurea sit, quae cavernosa, quae a mari aliquando perforata ventos admiserit aestuantes, per quos idonea flammae materies incenderetur."

[153] (S. 174.) Auf Rückwirkungen des vulkanischen Herdes durch die spannenden Wassersäulen, wenn nämlich die Expansivkraft der Dämpfe den hydrostatischen Druck überwindet, lassen uns die Ausbrüche von Rauch und Wasserdämpfen schließen, die man zu verschiedenen Zeiten um Lancerote, Island und die kurilischen Inseln während der Eruption benachbarter Vulkane gesehen hat.

[154] (S. 175). Seit den fünfziger Jahren, als Centralasien mehr und mehr der europäischen Forschung sich öffnete, wurde für viele der als vulkanisch angenommenen Gegenden nachgewiesen, daß dort keine Vulkane vorhanden sind. Namentlich waren es russische Gelehrte (Schrenck, Säwerzow, Semenow, Wenjukow, Muschketow), welche die meisten dieser negativen Beweise beibrachten, und zwar, weil sie gerade mit der Erforschung der genannten Gegenden beschäftigt waren. In vielen Fällen wurde nachgewiesen, daß die sogenannten vulkanischen Erscheinungen in Centralasien großartige Brände von Steinkohlen waren. Schon im Jahre 1876 wollte Muschketow keine neuen Vulkane in Centralasien gelten lassen, außer

dem sogenannten Baischan. General Kolpakowsky gab sich schon seit 1878 Mühe, die Frage durch eine dorthin entsendete Expedition zu lösen, jedoch die schwere Zugänglichkeit und Unsicherheit der Gegend erlaubte es vorläufig nicht. Endlich gelang es 1881, und er schickte folgendes Telegramm an Muschketow: „Der Berg Baischan, chin. Bjonsinsjan, liegt 260 Werst von Daschet und 16 Werst von Kutscha. Er liegt in einem Kessel, von den massiven Bergen Ainjak umringt. Dort brennen Steinkohlen seit einer so langen Zeit, daß keiner den Anfang des Brandes anzugeben weiß. Gegenüber liegt der Berg Kjuntag, wo der Brand der Steinkohlen schon beendet ist; am Abhange des ersteren liegen Höhlen, aus welchen Rauch und Schwefelgase ausströmen. Der Brand im Inneren ist von großem Geräusch begleitet. Der Weg von Daschet aus ist sehr beschwerlich, die Chinesen halten ihn für unpassierbar. Die Erforschung ist gemacht und Gesteinsproben gesammelt." Es scheint also die Frage über den Vulkanismus in Centralasien entschieden zu sein, und zwar in negativem Sinne. Die meisten Theorien des Vulkanismus, welche den Gewässern der Meere eine thätige Rolle dabei zuweisen, werden durch dieses Resultat bestärkt, denn die einzigen Ausnahmen, welche man dagegen anführen konnte — die Vulkane Centralasiens, sind nunmehr beseitigt. [D. Herausg.]

[155] (S. 175.) Das Dasein thätiger Vulkane in Kordofan, in 135 Meilen (1000 km) Entfernung vom Roten Meere, ist von **Rüppell** neuerdings geleugnet worden.

[156] (S. 176.) Die von Choiseul veranstaltete hydrographische Aufnahme von Lemnos macht es sehr wahrscheinlich, daß die ausgebrannte Grundfeste des Mosychlos samt der Insel Chryse, Philoktets wüstem Aufenthalt, längst vom Meere verschlungen ist. Felsenriffe und Klippen im Nordosten von Lemnos bezeichnen noch die Stelle, wo das Aegäische Meer einst einen dauernd thätigen Vulkan besaß, gleich dem Aetna, dem Vesuv, dem Stromboli und dem Volcano der Liparen.

[157] (S. 176.) Die lettigen Schlammausbrüche des Carguairazo, als der Vulkan 1698 zusammenstürzte, die Lodazales von Igualata, und die Moya von Pelileo sind ähnliche vulkanische Erscheinungen im Hochlande von Quito.

[158] (S. 177.) Gegenwärtig unterscheidet man hauptsächlich bloß zwei Bildungsweisen der Gesteine, nämlich die auf „feurigem Wege" entstandenen Eruptivgesteine und die auf „wässerigem Wege" gebildeten Sedimentgesteine. In Bezug auf die Bildung der krystallinischen Schiefergesteine ist man immer noch auf Hypothesen angewiesen, doch läßt sich der Metamorphismus an denselben wissenschaftlich nicht überzeugend nachweisen. Ferdinand von Hochstetten u. a. denken, es habe wohl eine Diagenese, aber keine eigentliche Metamorphose stattgefunden. [D. Herausg.]

[159] (S. 177.) In einem Profil der Umgegend von Tezcuco, Totonilco und Moran, das ich ursprünglich (1803) zu einer nicht

erschienenen Pasigrafia geognostica destinada al uso de los Jovenes del Colegio de Mineria de Mexico bestimmte, habe ich 1832 das plutonische und vulkanische Eruptionsgestein endogen (ein im Inneren erzeugtes), das Sediment- und Flötzgestein exogen (ein von außen an der Oberfläche der Erde erzeugtes) genannt. Pasigraphisch wurde das erstere durch einen aufwärts (↑), das zweite durch einen abwärts (↓) gerichteten Pfeil bezeichnet. Diese Bezeichnung gewährt wenigstens den Vorteil, daß die Profile, welche meist horizontal übereinander gelagerte Sedimentformationen darstellen, nicht, wie jetzt nur zu oft geschieht, wenn man Ausbrüche und Durchdringung von Basalt-, Porphyr- oder Syenitmassen andeuten will, durch von unten aufstrebende, sehr willkürlich geformte Zapfen unmalerisch verunstaltet werden. Die Benennungen, welche ich in dem pasigraphisch-geognostischen Profile vorgeschlagen, waren den Decandollischen endogen für monokotylische, exogen für dikotylische Pflanzen) nachgebildet; aber Mohls genauere Pflanzenzergliederung hat erwiesen, daß das Wachsen der Monokotylen von innen und der Dikotylen von außen für den vegetabilischen Organismus im strengen und allgemeinen Sinne des Wortes nicht stattfinde. Was ich endogen nenne, bezeichnet Lyell charakteristisch durch den Ausdruck „metherformed“ oder „hypogene rocks“.

[160] (S. 177.) Vergl. Leop. von Buch über Dolomit als Gebirgsart, 1823, S. 36 und denselben über den Grad der Flüssigkeit, welchen man plutonischen Felsarten bei ihrem Heraustreten zuschreiben soll, wie über Entstehung des Gneis aus Schiefern durch Einwirkung des Granits und der mit seiner Erhebung verbundenen Stoffe.

[161] (S. 179.) In dem mauerartig aufsteigenden und in parallele schmale Bänke geteilten Granit des Kolivaner Sees sind Feldspat und Albit vorherrschend, Titanitkristalle selten.

[162] (S. 180.) S. die Abbildung des Biritau, den ich von der Südseite gezeichnet, wo Kirgisenzelte standen, in Rose Bd. I, S. 584. — Ueber Granitkugeln mit schalig abgesonderten Stücken s. Humboldt, Rel. hist. T. II, p. 597 und Essai géogn. sur le Gisement des Roches p. 78.

[163] (S. 180.) Humboldt, Asie centrale T. I, p. 299 bis 311, und die Zeichnungen in Roses Reise Bd. I, S. 611, in welchem man die von Leopold von Buch als charakteristisch bezeichnete Krümmung der Granitschalen wiederfindet.

[164] (S. 181.) Eine wichtige Rolle spielen diese eingelagerten Diorite bei Steben in dem Nailaer Bergrevier, in einer Gegend, an welche, solange ich dort im vorigen Jahrhundert mit der Vorrichtung des Grubenbaues beschäftigt war, die frohesten Erinnerungen meines Jugendalters geknüpft sind.

[165] (S. 185.) Die Eruptiv- oder kristallinischen Massengesteine pflegt man jetzt in acht Gruppen zu zerlegen, nämlich in jene des

Granits, der Grünsteine, des Porphyrs, des Melaphyrs, des Trachyts, des Basalts, der Gabbro und des Olivins. [D. Herausg.]

[166] (S. 185.) Die hier gegebene Darstellung der Lagerungsverhältnisse des Granits drückt den allgemeinen oder Hauptcharakter der ganzen Bildung aus. An einzelnen Punkten zeigt freilich der Granit Gestaltungen, die vermuten lassen, daß er bei seinem Ausbruch, wie der Trachyt, nicht immer denselben Mangel an Flüssigkeit gehabt hat. Da im Texte früher der engen Klüfte Erwähnung geschehen ist, durch welche bisweilen sich die Basalte ergießen, so will ich hier noch an die weiten Spalten erinnern, welche bei den, mit den Basalten nicht zu verwechselnden Melaphyren als Zuführungskanäle gedient haben. S. über eine 450 Fuß breite Spalte, durch welche in den Steinkohlengruben bei Cornbrook in Hoar Edge der Melaphyr aufgestiegen ist, die interessante Darstellung von Murchison, the Silurian System p. 126.

[167] (S. 187.) Mit Zusatz von Thon, Kalkerde und Kali: nicht eine bloße durch Eisenoxyd gefärbte Kieselsäure. Ueber die Jaspisentstehung durch Dioritporphyr, Augitgestein und Hypersthenfels s. Rose Bd. II, S. 169, 187 und 192. Vergl. auch Bd. I, S. 427, wo die Porphyrkugeln abgebildet sind, zwischen denen der Jaspis im kalthaltigen Grauwackengebirge von Bogoslowsk ebenfalls als Folge der plutonischen Einwirkung des Augitgesteins auftritt.

[168] (S. 187.) Für die vulkanische Entstehung des Glimmers ist es wichtig zu erinnern, daß Glimmerkristalle sich finden: im Basalt des böhmischen Mittelgebirges, in der Lava des Vesuvs von 1822, in Thonschieferbruchstücken, die am Hohenfels, unweit Gerolstein in der Eifel von schlackigem Basalt umwickelt sind. Ueber ein Entstehen des Feldspats im Thonschiefer durch Kontakt des Porphyrs zwischen Urval und Potet (Forez) s. Dufrénoy in der Géol. de la France T. I. p. 137. Einem ähnlichen Kontakt sollen in der Bretagne bei Paimpol die Schiefer einen mandelsteinartigen und zelligen Charakter verdanken; dessen Ansicht bei einer geognostischen Fußreise mit Professor Kunth in diese interessante Gegend mich sehr in Erstaunen gesetzt hat.

[169] (S. 187.) Elie de Beaumont in den Annales des Sciences naturelles T. XV, p. 362—372: „En se rapprochant des masses primitives du Mont Rose et des montagnes situées à l'ouest de Coni, on voit les couches secondaires perdre de plus en plus les caractères inhérents à leur mode de dépôt. Souvent alors elles en prennent qui semblent provenir d'une toute autre cause, sans perdre pour cela leur stratification: rappelant par cette disposition la structure physique d'un tison à moitié charbonné, dans lequel on peut suivre les traces des fibres ligneuses, bien au-delà des points qui présentent encore les caractères mutuels du bois.“ Zu den auffallendsten Beweisen der Umwandlung des Gesteins durch plutonische Einwirkung gehören die Belemniten in den Schiefern von Ruffenen

(Alpenthal von Eginen und Griesgletscher); wie die Belemniten in sogenanntem uranfänglichen Kalkstein, welche Herr von Charpentier am westlichen Abhange des Col de Seigne, zwischen der Enclove de Monjovet und der Alpenhütte de la Lanchette gefunden und mir in Bex im Herbst 1822 gezeigt hat.

[170] (S. 187.) Hoffmann in Poggend. Annalen Bd. XVI, S. 552. „Schichten von Transitionsthonschiefer des Fichtelgebirges, die in einer Länge von vier Meilen verfolgt werden können und nur an beiden Extremen, wo sie mit dem Granite in Berührung kommen, in Gneis umgewandelt sind. Man verfolgt dort die allmähliche Gneisbildung, die innere Entwickelung des Glimmers und der Feldspatmandeln in Thonschiefer, der ja ohnedies fast alle Elemente dieser Substanzen enthält."

[171] (S. 187.) In dem, was uns von den Kunstwerken des griechischen und römischen Altertums übrig geblieben ist, bemerkt man den Mangel von Jaspissäulen und großen Gefäßen aus Jaspis, die jetzt allein das Uralgebirge liefert. Was man als Jaspis von dem Rhabarberberge (Revennaja sopka) im Altai bearbeitet, gehört zu einem gestreiften prachtvollen Porphyr. Der Name Jaspis, aus den semitischen Sprachen übertragen, scheint sich nach den verwirrten Beschreibungen des Theophrastus und Plinius, welcher den Jaspis unter den undurchsichtigen Gemmen aufführt, auf Fragmente von Jaspachat und sogenannten Opaljaspis zu beziehen, welche die Alten Jasponyx nannten. Daher glaubt Plinius schon als ein seltenes Beispiel der Größe ein 11zölliges Stück Jaspis aus eigener Ansicht anführen zu müssen: „magnitudinem jaspidis undecim unciarum vidimus, formatamque inde effigiem Neronis thoracatam." Nach Theophrastus ist der Stein, den er Smaragd nennt und aus dem große Obelisken geschnitten werden, nichts anderes als ein unreifer Jaspis.

[172] (S. 188.) Ueber die Umwandlung des dichten Kalksteins in körnigen durch Granit in den Pyrenäen (Montagne de Rancie) s. Dufrénoy in den Mémoires géologiques T. II, p. 440, und in den Montagnes de l'Oisans s. Elie de Beaumont, Mém. géol. T. II, p. 379—415; durch Diorit- und Pyroxenporphyre (Ophite; Elie de Beaumont, Géol. de la France T. I, p. 72) zwischen Tolosa und San Sebastian s. Dufrénoy in den Mém. géol. T. II, p. 130; durch Syenit in der Insel Skye, wo in dem veränderten Kalkstein sogar noch Versteinerungen sichtbar geblieben sind, H. von Dechen, Geognosie S. 573. In der Umwandlung der Kreide durch Berührung mit Basalt ist die Verschiebung der kleinsten Teile bei Entstehung der Kristalle und bei dem Körnigwerden um so merkwürdiger, als nach Ehrenbergs scharfsinnigen mikroskopischen Untersuchungen die Kreideteilchen vorher gegliederte Ringe bilden

[173] (S. 188.) Ich habe der merkwürdigen Stelle in Origenes Philosophumena cap. 14 schon an einem anderen Orte

erwähnt. Nach dem ganzen Zusammenhange ist es sehr unwahrscheinlich, daß Xenophanes einen Lorbeerabdruck (τύπον δάφνης) statt eines Fischabdruckes (τύπον ἁφύης) gemeint habe. Delarue tadelt mit Unrecht die Korrektion des Jakob Gronovius, welcher den Lorbeer in eine Sardelle umgewandelt hat. Die Fischversteinerung ist doch wahrscheinlicher als das natürliche Silensbild, welches die Steinbrecher aus den pariſchen Marmorbrüchen des Berges Marpeſſos wollen herausgeſpalten haben.

[171] (S. 191.) Auch in den Höhlungen des Obſidians vom Cerro del Jacal, den ich aus Mexiko mitgebracht, haben ſich (wahrſcheinlich aus Dämpfen) Olivinkriſtalle niedergeſchlagen. Es kommt demnach Olivin vor: in Baſalt, in Lava, in Obſidian, in künſtlichen Schlacken, in Meteorſteinen, im Syenit von Elfdalen und (als Hyaloſiderit) in der Wacke vom Kaiſerſtuhle.

[175] (S. 192.) Konſtantin von Beuſt über die Porphyrgebilde, 1835, S. 89—96, deſſelben Beleuchtung der Wernerſchen Gangtheorie, 1840, S. 6; C. von Weißenbach, Abbildungen merkwürdiger Gangverhältniſſe, 1836, Fig. 12. Die bandförmige Struktur der Gangmaſſe iſt ebenſowenig allgemein, als die beſtimmte Altersfolge der einzelnen Glieder dieſer Maſſen.

[176] (S. 192.) In Schlacken: Kriſtalle von Feldſpat, von Heine beim Ausblaſen eines Kupferrohofens unweit Sangerhauſen aufgefunden und von Kerſten zerlegt; von Augit in den Schlacken von Sale, von Olivin, von Glimmer in alten Schlacken von Schloß Garpenberg, von Magneteiſen in Schlacken von Chatillon ſur Seine, von Eiſenglimmer in Töpferthon entſtanden.

[177] (S. 192.) Abſichtlich hervorgebracht: Idokras und Granat, Rubin, Olivin und Augit. Ohnerachtet nach Guſtav Roſe Augit und Hornblende die größte Uebereinſtimmung der Kriſtallform zeigen und ihre chemiſche Zuſammenſetzung auch faſt dieſelbe iſt, ſo iſt doch noch nie Hornblende neben dem Augit in Schlacken beobachtet worden; ebenſowenig iſt es den Chemikern geglückt, Hornblende oder Feldſpat hervorzubringen.

[178] (S. 193.) Leopold von Buch, geognoſtiſche Briefe S. 75—82, wo zugleich gezeigt wird, wie der rote Sandſtein (das Totliegende des thüringiſchen Flözgebirges) und das Steinkohlengebilde als Erzeugniſſe des aufſteigenden Porphyrs betrachtet werden müſſen.

[179] (S. 195.) Eine Entdeckung von Miß Mary Anning, welche auch die Koprolithen der Fiſche zuerſt aufgefunden hat. Dieſe und die Exkremente des Ichthyoſaurus werden in England (z. B. bei Lyme Regis) in ſolcher Menge geſehen, daß ſie nach Bucklands Ausdruck wie Kartoffeln auf dem Boden zerſtreut liegen. Ueber Hookes Hoffnung to raise a chronology aus dem bloßen Studium zerbrochener und verſteinerter Muſchelſchalen, and to state the intervals of the time wherein such or such cata-

strophes and mutations have happened, ſ. Posth. Works, Lecture Feb. 29, 1688.

[180] (S. 196.) Es iſt dies die von den engliſchen Geologen ſogenannte Cambriſche Formation das Grenzglied zwiſchen dem kriſtalliniſchen Urgebirge und der Silurformation; in demſelben wurden Spuren von Organismen entdeckt, namentlich Bohrgänge von Ringelwürmern nebſt den höchſt eigentümlichen Reſten der Oldhamia antiqua und Oldhamia rodiata, von welcher es zweifelhaft iſt, ob man ſie zu den Meeresalgen, zu den Bryozoen oder Anthozoen ſtellen ſoll, die aber die älteſten, unzweifelhaft organiſchen Gebilde ſind, die man kennt. — [D. Herausg.]

[181] (S. 197.) Nach Hermann v. Meyer ein Protoſaurus. Die Rippe eines Sauriers, die angeblich dem Bergkalk (Kohlenkalkſtein) von Northumberland angehörte, iſt nach Lyell ſehr zweifelhaft. Der Entdecker ſelbſt ſchreibt ſie Alluvialſchichten zu, welche den Bergkalk bedecken.

[182] (S. 197.) Siehe die ſcharfſinnigen Betrachtungen von Hermann v. Meyer über die Organiſation der fliegenden Saurier in Palaeologica S. 228—252. Auf dem verſteinerten Exemplar des Pterodactylus crassirostris, welcher wie der länger berühmte P. longirostris (Ornithocephalus, Sömmering) zu Solenhofen im lithographiſchen Schiefer der oberen Juraformation gefunden worden iſt, hat Profeſſor Goldfuß ſelbſt Spuren der Flughäute „mit den Abdrücken der gekrümmten flockigen, hie und da zolllangen Haare des Felles“ entdeckt.

[183] (S. 197.) Zugleich ergab ſich, daß von den älteſten Bildungen bis zu den neueren ein Fortſchritt im Range der Lebeweſen, ſowohl der tieriſchen, als pflanzlichen ſtattfand. Die organiſierten Weſen haben eine allmähliche Entwickelung von Form zu Form, und zwar von niederen zu immer höheren Formen durchlaufen, ehe ſie zu ihrer gegenwärtigen mannigfaltigen Geſtaltung gelangten. — [D. Herausg.]

[184] (S. 198.) Die älteſten Säugetierreſte, die man kennt, nämlich zwei kleine zweiwurzelige Zähne eines kleinen Beuteltieres (Microlestes antiquus), welche bei Steinbrunn in Württemberg gefunden wurden, ſtammen aus der dem Jura noch vorangehenden rätiſchen Formation, welche etwa dem Keuper der Trias entſpricht. — [D. Herausg.]

[185] (S. 198.) Im Weald-Clay; die Ornitholithen nehmen zu im Gips der Tertiärformation. [Im Jahre 1860 wurde im lithographiſchen Schiefer von Solenhofen, dem weißen Jura angehörig, der Archaeopteryx macrurus entdeckt, der als der erſte Repräſentant der Vögel gelten kann. — D. Herausg.]

[186] (S. 199.) Vom heutigen Standpunkte der Erdgeſchichte geſtaltet ſich die Reihenfolge der Sedimentgebilde etwa folgendermaßen:

Paläozoische Epoche	Silurische	Formation
	Devonische	„
	Steinkohlen-	„
	Dyas oder permische	„
Mesozoische Epoche	Trias	
	Rätische Formation	
	Jura-	„
	Kreide-	„
Kanäozoische Epoche	Eocän-	„
	Neogen-	„

[D. Herausg.]

[187] (S. 200.) Murchison teilt den bunten Sandstein in zwei Abteilungen, deren obere der Trias von Alberti verbleibt, während er aus der unteren, zu welcher der Vogesensandstein von Elie de Beaumont gehört, aus dem Zechstein und Totliegenden sein permisches System bildet. Mit der oberen Trias, d. h. mit der oberen Abteilung unseres bunten Sandsteins, beginnen ihm erst die sekundären Formationen; das permische System, der Kohlenkalk oder Bergkalk, die devonischen und silurischen Schichten sind ihm paläozoische Gebilde. Nach diesen Ansichten heißen Kreide und Jura die oberen, Keuper, Muschelkalk und der bunte Sandstein die unteren sekundären Formationen; das permische System und der Kohlenkalk heißen das obere, die devonischen und silurischen Schichten zusammen das untere paläozoische Gebilde. Die Fundamente dieser allgemeinen Klassifikation finden sich in dem großen Werke entwickelt, in welchem der unermüdete britische Geognost einen großen Teil des ganzen östlichen Europas darstellen wird. [Dasselbe ist 1845 unter dem Titel: „Geology of Russia in Europe and the Ural Mountains“ zu London erschienen. — D. Herausg.]

[188] (S. 201.) Dahin gehören die vom Grafen Sternberg entdeckten und von Corda beschriebenen Cykadeen aus der alten Steinkohlenformation zu Radnitz in Böhmen (zwei Arten Cycadites und Zamites Cordai. Auch in der oberschlesischen Steinkohlenformation zu Königshütte ist eine Cykadee, Pterophyllum gonorrhachis Goepp., gefunden worden.

[189] (S. 201.) Herr Witham hat das große Verdienst, die Existenz der Koniferen in der frühen Vegetation des alten Steinkohlengebildes zuerst erkannt zu haben. Vormals wurden fast alle in dieser Formation vorkommenden Holzstämme als Palmen beschrieben. Die Arten des Geschlechtes Araucarites sind aber nicht der Steinkohlenformation der britischen Inseln allein eigentümlich, sie finden sich auch in Oberschlesien.

[190] (S. 202.) „By means of Lepidodendron a better passage is established from Flowering to Flowerless Plants than by either Equisetum or Cycas or any other known

genus.“ Lindley und Hutton, Fossil Flora Vol. II. pag. 53.

[191] (S. 202.) Daß Steinkohlen nicht durch Feuer verkohlte Pflanzenfasern sind, sondern sich wahrscheinlich auf nassem Wege, unter Mitwirkung von Schwefelsäure, gebildet haben, beweist auffallend, nach Göpperts scharfsinniger Beobachtung, ein Stück in schwarze Kohle verwandelten Bernsteinbaumes. Die Kohle liegt dicht neben dem ganz unzersetzten Bernstein. Ueber den Anteil, welchen niedrige Gewächse an der Bildung der Kohlenflöze haben können, s. Link in den Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaft aus dem Jahre 1838, S. 38.

[192] (S. 202.) Um die 7 Linien dicke Schicht Kohlenstoff mit den Steinkohlenflözen zu vergleichen, muß man noch auf den ungeheueren Druck Rücksicht nehmen, welchen diese Flöze von dem dem darüber liegenden Gestein erleiden und welcher sich meist in der abgeplatteten Gestalt der unterirdischen Baumstämme offenbart. „Die sogenannten hölzernen Berge an dem südlichen Ufer der 1806 von Sirowatskoi entdeckten Insel Neu-Sibirien bestehen nach Hedenström in einer Höhe von 30 Faden aus horizontalen Schichten von Sandstein, die mit bituminösen Baumstämmen abwechseln. Auf dem Gipfel der Berge stehen die Stämme senkrecht. Die Schicht voll Treibholz ist 5 Werste lang sichtbar.“

[193] (S. 203.) Diese Corypha ist die soyate (aztekisch zoyatl) oder Palma dulce der Eingebornen. Ein tiefer Kenner der amerikanischen Sprachen, Professor Buschmann, bemerkt, daß die Palma soyate auch in Yepes Vocabulario de la Lengua Othomi genannt wird und daß das aztekische Wort zoyatl sich in Ortsnamen Zoyatitlan und Zoyapanco in Chiapas wiederfindet.

[194] (S. 203.) Bei Baracoa und Cayos de Moa; s. Tagebuch des Admirals vom 25. und 27. November 1492 und Humboldt, Examen critique de l'hist. de la Géogr. du Nouveau Continent T. II, p. 252 und T. III, p. 23. Kolumbus ist so aufmerksam auf alle Naturgegenstände, daß er schon und zwar zuerst Podocarpus von Pinus unterscheidet. Ich finde, sagt er: „en la tierra aspera del Cibao pinos que no llevan piñas (Tannenzapfen), pero por tal orden compuestos por naturaleza, que (los frutos) parecen azeytunas del Axarafe de Sevilla.“ Der große Pflanzenkenner Richard, als er seine treffliche Abhandlung über Cykadeen und Koniferen herausgab, hatte nicht geahnt, daß vor L'Héritier schon am Ende des 15. Jahrhunderts Podocarpus von den Abietineen durch einen Seefahrer getrennt worden sei.

[195] (S. 204.) Göppert beschreibt noch drei Cykadeen (Arten von Cycadites und Pterophyllum) aus dem Braunkohlenschieferthon von Altsattel und Kommotau in Böhmen, vielleicht aus der Eocänperiode.

[196] (S. 205.) Diese Ansicht Humboldts ist jetzt wohl gänzlich

aufgegeben. Man denkt sich vielmehr die erratischen Blöcke des europäischen Schwemmlandes als auf dem Rücken einstiger Gletscher dahin gelangt. — [D. Herausg.]

[197] (S. 207.) Bei den Geologen der älteren Schule in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts war die Ansicht vorherrschend, daß der Entwickelungsgang der Erde ein stürmischer, tumultuarischer gewesen sei. Mit einem Ruck ließen sie Gebirge plötzlich aus Spalten aufsteigen, gewaltige Fluten über das Festland hereinbrechen, Meerengen zerreißen u. dgl. Humboldt war ein Hauptvertreter dieser nunmehr überwundenen „Revolutionstheorie", und dieses ist beim Lesen der im Texte folgenden Ausführungen im Auge zu behalten. Der älteren Schule gegenüber begründeten v. Hoff und Sir Charles Lyell die moderne Schule, welche es sich zur Aufgabe setzt, selbst die größten Veränderungen, welche an der Erdoberfläche im Laufe der Zeiten vor sich gegangen sind, durch die jetzt noch wirkenden, unscheinbaren, aber mit der Zeit die großartigsten Endresultate hervorbringenden Kräfte der Natur zu erklären. Die Geschichte der Erde ist nach den neueren Ansichten eine allmähliche, ruhige, friedliche, nur selten durch Katastrophen unterbrochene Entwickelung. Dies ist die moderne Evolutionstheorie. — [D. Herausg.]

[198] (S. 209.) Im Mittelalter herrschte die Meinung, daß die Meere nur den siebenten Teil der Erdoberfläche bedeckten; eine Meinung, welche der Kardinal d'Ailly auf das apokryphische 4. Buch Esra gründete. Kolumbus, der seine kosmologischen Kenntnisse immer aus den Werken des Kardinals schöpfte, hatte ein großes Interesse, diese Meinung von der Kleinheit der Meere, zu welcher wohl auch der mißverstandene Ausdruck des „Flusses Ozean" beitrug, zu verteidigen.

[199] (S. 210.) Vergl. über die mittlere Breite der nordasiatischen Küste und die wahre Benennung der Vorgebirge (Kap Siewero-wostotschnoi) und Kap Nordost (Schalagskoi mys) Humboldt, Asie centrale T. III. p. 35. und 37. [Der russische Name Siewero-wostotschnoi oder Nordostkap im Gegensatz zu dem Kap Taimyr oder Nordwestkap kann füglich aufgegeben werden, wie er auch auf den meisten Karten verschwindet. Man ersetzt ihn durch den Namen seines ersten Besuchers, des russischen Lieutenants Tscheljustin, welcher die Landspitze 1742 zu Schlitten erreichte. Das Kap bildet eine niedrige Landspitze, durch eine Bucht in zwei Teile geteilt. Nach den astronomischen Beobachtungen und Triangulationsmessungen Nordenskjölds 1878, liegt die westlichere Spitze unter 77° 36′ 37″ n. Br. und 103° 25′ 5″ ö. L. v. Gr., und die östlichere unter 77° 41′ n. Br. und 104° 1′ ö. L. v. Gr. — D. Herausg.]

[200] (S. 211.) Auch die Südspitze von Amerika samt dem Archipelagus, welchen wir das Feuerland nennen, liegt im Meridian des nördlichsten Teiles der Baffinsbai und des großen noch unbegrenzten Polarlandes, das vielleicht zu West-Grönland gehört.

[201] (S. 211). Die größte dermalen am Nordpol erreichte Breite ist die der Naresschen Expedition mit 83° 20′ 26″. Albert H. Markham erreichte sie am 12. Mai 1876. — Gegen den Südpol ist man nicht weiter als bis zu der im Texte angegebenen, von Roß im Februar 1842 erreichten Breite vorgedrungen. Die Frage über die Beschaffenheit der Erdpole ist ebenfalls noch immer nicht endgültig gelöst, doch neigt man zur Annahme eisbedeckter Landmassen. — [D. Herausg.]

[202] (S. 211.) Ich habe schon früh (1817) in meinem Werke: de distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium auf jene, für Klimatologie und Menschengesittung gleich wichtigen Unterschiede gegliederter und ungegliederter Kontinente aufmerksam gemacht: „Regiones vel per sinus lunatos in longa cornua porrectae, angulosis littorum recessibus quasi membratim discerptae, vel spatia patentia in immensum, quorum littora nullis incisa angulis ambit sine anfractu Oceanus.“ Ueber das Verhältnis der Küstenlängen zum Areal eines Kontinents (gleichsam das Maß der Zugänglichkeit des Inneren) s. die Untersuchungen in Berghaus, Annalen der Erdkunde Bd. XII, 1835, S. 490 und physikal. Atlas 1839, Nr III, S. 69.

[203] (S. 211.) Von Afrika sagt schon Plinius (V, 1): „Nec alia pars terrarum pauciores recipit sinus.“ Auch die kleine indische Halbinsel diesseits des Ganges bietet als Dreieck eine dritte sehr analoge Form dar. Im griechischen Altertume herrschten Meinungen von einer regelmäßigen Gestaltung der Festen. Es sollte vier Busen geben, unter denen der Persische dem Hyrkanischen (d. i. dem Kaspischen Meere) gegenübergestellt wird. Die vier Busen und die Landengen sollen sich sogar, nach den optischen Phantasien des Agesianax, auf der Mondscheibe abspiegeln. Ueber die terra quadrifida, oder die vier Festlande, deren zwei nördlich und zwei südlich vom Aequator liegen, s. Macrobius, comm. in Somnium Scipionis II, 9. Ich habe diesen Teil der alten Geographie, über welchen viel Verwirrung herrscht, einer neuen und sorgfältigen Prüfung unterworfen im Examen crit. de l'hist. de la Géogr. T. I, p. 119, 145, 180—185, wie in Asie centr. T. II, p. 172—178.

[204] (S. 212.) Ueber die merkwürdige Fjordbildung an dem Südostende von Amerika s. Darwin, Journal (narrative of the Voyages of the Adventure and Beagle Vol. III.) 1839, p. 266. Der Parallelismus der beiden Bergketten erhält sich von 5° südlicher bis 5° nördlicher Breite. Die Wendung der Richtung der Küste bei Arica scheint die Folge des veränderten Streichens der Gangkluft (Spalte) zu sein, auf welcher die Cordillera de los Andes aufgestiegen ist.

[205] (S. 214.) „Eine Sandsteinschicht von 5 engl. Meilen Dicke wird, wenn sie sich um 100° Fahr. erwärmt, in ihrer Oberfläche

um 25 Fuß steigen. Erhitzte Lettenschichten müssen dagegen durch Kontraktion ein Sinken des Bodens hervorbringen." Vergl. die Berechnungen für das sätulare Steigen von Schweden, unter der Voraussetzung der geringen Zunahme von 3° Reaum. in einer 140 000 Fuß (45,5 km.) dicken, zu Schmelzhitze erwärmten Schicht, in Bischof, Wärmelehre des Inneren unseres Erdkörpers S. 303.

[206] (S. 214.) „Die (bisher so sicher scheinende) Voraussetzung des Gleichbleibens der Schwere an einem Messungspunkte ist durch die neuen Erfahrungen über die langsame Erhebung großer Teile der Erdoberfläche einigermaßen unsicher geworden."

[207] (S. 214.) Die Ansicht, daß die sehr langsam erfolgenden sätularen Hebungen der Kontinente nur Scheinbewegungen sind, hervorgerufen durch einen veränderlichen Niveaustand des Ozeans, hat auch heute noch ihre Anhänger. — [D. Herausg.]

[208] (S. 214.) Wenn, nicht vor Leopold von Buchs Reise nach Skandinavien, sondern vor der Herausgabe dieses Werkes, schon Playfair 1802 und, wie Keilhau erinnert, vor Playfair der Däne Jessen ebenfalls schon die Vermutung geäußert hat, daß nicht das Meer sinke, sondern das feste Land von Schweden sich erhebe, so sind die Aeußerungen unserem großen Geognosten gänzlich unbekannt geblieben und haben keinen Einfluß auf die Fortschritte der physischen Erdbeschreibung ausgeübt. Jessen hat die Ursachen der Veränderung des Niveauverhältnisses des Meeres zur Höhe der Küsten nach den alten Angaben von Celsius, Kalm und Dalin zu ergründen gesucht. Er äußert verworrene Ideen über die Möglichkeit eines inneren Wachsens und Zunehmens der Steine (des felsigen Bodens), erklärt sich aber zuletzt doch für Erhebung des Landes als Folge von Erdbeben. „Obgleich," sagt er, gleich nach dem Erdbeben (bei Egersund) keine solche Erhebung bemerkt worden ist, so könnte doch dadurch anderen Ursachen die Gelegenheit dazu eröffnet worden sein."

[209] (S. 214.) Die Inseln Saltholm, Kopenhagen gegenüber, und Bornholm steigen aber sehr wenig; Bornholm kaum 1 Fuß (32 cm) in einem Jahrhundert.

[210] (S. 214.) Erst in jüngster Zeit sind diese „alten Strandlinien" genauer untersucht worden, besonders von Mohn, und endlich hat Richard Lehmann alles darüber vorhandene Material gesammelt und diskutiert. — [D. Herausg.]

[211] (S. 215). Vergl. Anmerk. 199.

[212] (S. 215.) Die Depression des Toten Meeres ist nach und nach ergründet worden durch die barometrischen Messungen von Graf Bertou, durch die weit sorgfältigeren von Russegger, und durch die trigonometrische Messung des englischen Schiffslieutenants Symond. Die letzte gab, nach einem Briefe, den Herr Adlerson an die geographische Gesellschaft zu London richtete und den mir mein Freund, der Kapitän Washington, mitgeteilt, —

1506 Fuß (489 m) für den Unterschied des Wasserspiegels des Toten Meeres und des höchsten Hauses in Jaffa. Herr Adlerson glaubte damals (28. Nov. 1841), das Tote Meer liege ungefähr 1314 Fuß (427 m) unter dem Niveau des Mittelländischen Meeres. In einer neueren Mitteilung des Lieutenants Symond wird als Endresultat zweier sehr miteinander übereinstimmenden trigonometrischen Operationen die Zahl 1231 Fuß (immer Pariser Maß) = 400 m angegeben.

[213] (S. 215.) Auf meine Aufforderung hat die kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg 1830 bei Baku auf der Halbinsel Abscheron durch den gelehrten Physiker Lenz feste Marken (Zeichen, den mittleren Wasserstand zu einer bestimmten Epoche angebend) an verschiedenen Punkten eingraben lassen. Auch habe ich 1839 in einem der Nachträge zu der Instruktion, welche dem Kapitän Roß für die antarktische Expedition erteilt ward, darauf gedrungen, daß überall an Felsen in der südlichen Hemisphäre, wo sich dazu Gelegenheit fände, Marken, wie in Schweden und am Kaspischen Meere, eingegraben werden möchten. Wäre dies schon auf den ältesten Reisen von Bougainville und Cook geschehen, so würden wir jetzt wissen, ob die säkulare relative Höhenveränderung von Meer und Land ein allgemeines oder nur ein örtliches Naturphänomen sei; ob ein Gesetz der Richtung in den Punkten erkannt werden kann, die gleichzeitig steigen oder sinken.

[214] (S. 218.) Das Adriatische Meer folgt auch der Richtung SO—NW.

[215] (S. 219.) De la hauteur moyenne des continents in der Asie centrale T. I, p. 82—90 und 165—189. Die Resultate, welche ich erhalten, sind als Grenzzahlen (nombres-limites) zu betrachten. Laplace hat die mittlere Höhe der Kontinente zu 3078 Fuß, also wenigstens um das Dreifache zu hoch, angeschlagen. Der unsterbliche Geometer ward zu dieser Annahme durch Hypothesen über die mittlere Tiefe des Meeres veranlaßt. Ich habe gezeigt, wie schon die Alexandrinischen Mathematiker nach dem Zeugnis des Plutarchus diese Meerestiefe durch die Höhe der Berge bedingt glaubten. Die Höhe des Schwerpunktes des Volums der Kontinentalmassen ist in dem Lauf der Jahrtausende wahrscheinlich kleinen Veränderungen unterworfen. [Neuerdings hat Gustav Leipoldt die Humboldtschen Ziffern in Bezug auf Europa einer genauen Prüfung unterzogen und mit Benutzung der Ergebnisse neuerer Höhenmessungen die mittlere Höhe für die einzelnen Staaten und für ganz Europa berechnet. Es ergab sich für Europa eine mittlere Höhe von 296,8 m, ein Resultat, welches das Humboldtsche um mehr als 90 m (45 Prozent) übersteigt. D. Herausg.]

[216] (S. 221.) „On pourra (par la température de l'Océan sous les tropiques) attaquer avec succès une question capitale restée jusqu'ici indécise, la question de la constance des températures terrestres, sans avoir à s'inquiéter des influences

locales naturellement fort circonscrites, provenant du déboisement des plaines et des montagnes, du desséchement des lacs et des marais. Chaque siècle, en léguant aux siècles futurs quelques chiffres bien faciles à obtenir, leur donnera le moyen peut être le plus simple, le plus exact et le plus direct de décider si le soleil, aujourd'hui source première, à peu près exclusive de la chaleur de notre globe, change de constitution physique et d'éclat, comme la plupart des étoiles, ou si au contraire cet astre est arrivé à un état permanent." (Arago.)

[217] (S. 221.) Der durchschnittliche Salzgehalt des Meeres beträgt 3,5 Prozent. [D. Herausg.]

[218] (S. 222.) Durch das geodätische Nivellement, welches auf meine Bitte mein vieljähriger Freund, der General Bolivar, durch Lloyd und Falmarc hat in den Jahren 1828 und 1829 ausführen lassen, ist erwiesen, daß die Südsee höchstens $3^2/_3$ Fuß (1,1 m) höher als das Antillische Meer liegt, ja daß zu verschiedenen Stunden der relativen Ebbe- und Flutzeit bald das eine, bald das andere Meer das niedere ist. Wenn man bedenkt, daß in einer Länge von 16 Meilen (119 km) und bei 9:33 Einstellungen des gebrauchten Niveaus in ebensovielen Stationen man sich leicht um eine halbe Toise habe irren können, so findet man hier einen Beweis des Gleichgewichtes der um das Kap Horn strömenden Wasser. Ich hatte durch Barometermessungen, die ich in den Jahren 1799 und 1804 anstellte, schon zu erkennen geglaubt, daß wenn ein Unterschied zwischen dem Niveau der Südsee und des Antillischen Meeres vorhanden wäre, derselbe nicht über 3 m (9 Fuß 3 Zoll) betragen könne. Die Messungen, welche den hohen Stand der Wasser im Golf von Meriko und in dem nördlichsten Teile des Adriatischen Meeres durch Verbindung der trigonometrischen Operationen von Delcros und Choppin mit denen der schweizerischen und österreichischen Ingenieure beweisen sollen, sind vielem Zweifel unterworfen. Es ist trotz der Form des Adriatischen Meeres unwahrscheinlich, daß der Wasserspiegel in seinem nördlichsten Teile fast 26 Fuß (8,45 m) höher als der Wasserspiegel des Mittelmeeres bei Marseille und 23,4 Fuß (7,71 m) höher als der Atlantische Ozean sei.

[219] (S. 223.) Die relative Dichte der Wasserteilchen hängt (was nicht sorgfältig genug in den Untersuchungen über die Ursache der Strömungen unterschieden wird) gleichzeitig von der Temperatur und der Stärke des Salzgehaltes ab. Der unterseeische Strom, welcher die kalten Polarwasser den Aequatorialgegenden zuführt, würde einer ganz entgegengesetzten Richtung vom Aequator gegen die Pole folgen, wenn die Verschiedenheit des Salzgehaltes allein wirkte. In dieser Hinsicht ist die geographische Verteilung der Temperatur und der Dichte der Wasserteilchen unter den verschiedenen Breiten- und Längenzonen des Weltmeeres von großer Wichtigkeit. Die zahlreichen Beobachtungen von Lenz und die auf Kapitän Beecheys Reise gesammelten verdienen eine besondere Beachtung.

[220] (S. 224.) Kolumbus setzt bald hinzu, daß „in dem Antillischen Meere die Bewegung am stärksten ist". In der That nennt jene Region Rennell „not a current, but a sea in motion".

[221] (S. 224.) Durch die neueren Forschungen der Amerikaner ist nachgewiesen, daß der Golfstrom erst bei Barbadoes aus der Aequatorialströmung entsteht. Nachdem die Strömung vom Karibischen Meere in den Busen von Mexiko eingetreten, beschreibt sie keinen Kreis um den letzteren, wie man annahm, sondern läuft im Gegenteil nordwärts und ostwärts in derselben allgemeinen Richtung wie das Yukatanplateau und tritt durch die Floridastraße mit den Verstärkungen hinaus, die ihr aus dem Kanal zwischen Cuba und den Bahamabänken zuströmen. [D. Herausg.]

[222] (S. 224.) Die Existenz der Sargassosee wird durch den deutschen Naturforscher Otto Kuntze in Abrede gestellt. [D. Herausg.]

[223] (S. 227.) Die unbekannte Stimme sagte ihm: „maravillosamente Dios hizo sonar tu nombre en la tierra; de los atamientos de la mar Oceana, que estaban cereados con cadenas tan fuertes, te dió las llaves." Der Traum des Kolumbus ist erzählt in dem Briefe an die katholischen Monarchen vom 7. Julius 1503.

[224] (S. 228.) Nach Boussingault und Lewy oszillierte der Kohlensäuregehalt des Luftkreises in Andilly, also fern von den Ausdünstungen der Städte, nur zwischen 0,00028 und 0,00031 im Volum.

[225] (S. 228.) In dieser Aufzählung ist des nächtlichen Aushauchens der Kohlensäure durch die Pflanzen, indem sie Sauerstoff einhauchen, nicht gedacht, da diese Vermehrung der Kohlensäure reichlich durch den Respirationsprozeß der Pflanzen während des Tages ersetzt wird.

[226] (S. 229.) Bouvard hat im Jahre 1827 durch Anwendung der Formeln, die Laplace kurz vor seinem Tode dem Längenbureau übergeben hatte, gefunden, daß der Teil der stündlichen Oszillationen des Luftdruckes, welcher von der Anziehung des Mondes herrührt, das Quecksilber im Barometer zu Paris nicht über $^{15}/_{1000}$ eines Millimeters erheben könne, während nach 11jährigen Beobachtungen ebendaselbst die mittlere Barometeroszillation von 9 Uhr morgens bis 3 Uhr nachmittags 9,756 mm, von 3 Uhr nachmittags bis 9 Uhr abends 0,373 mm war.

[227] (S. 230.) Zu Halle (Br. 51° 20′) ist die Größe der Oszillation noch 0,28 Linien. Auf den Bergen in der gemäßigten Zone scheint eine große Menge von Beobachtungen erforderlich zu sein, um zu einem sicheren Resultate über die Wendestunden zu gelangen. Vergl. die Beobachtungen stündlicher Variationen, welche auf dem Faulhorn 1832, 1841 und 1842 gesammelt wurden, in Martins, Météorologie p. 254.

[228] (S. 231.) S. Dove, meteorologische Untersuchungen

1837 S. 99—343, und die scharfsinnigen Bemerkungen von Kämtz über das Herabsinken des Westwindes der oberen Luftschichten in höheren Breiten und die allgemeinen Phänomene der Windesrichtung in seinen Vorlesungen über Meteorologie, 1840, S. 58—66, 196—200, 327—336, 353—364; Kämtz in Schumachers Jahrbuch für 1838 S. 291—302. Eine sehr gelungene und lebendige Darstellung meteorologischer Ansichten hat Dove in seiner kleinen Schrift: Witterungsverhältnisse von Berlin, 1842, gegeben. Ueber frühe Kenntnis der Seefahrer von der Drehung des Windes vergl. Churruca, Viage al Magallanes 1793 p. 15; und über einen denkwürdigen Ausspruch von Christoph Kolumbus, den uns sein Sohn Don Fernando Colon in der Vida del Almirante cap. 55 erhalten hat: Humboldt, Examen critique de l'hist. de la Géographie T. IV, p. 253.

[229] (S. 232.) Monsun (malayisch musim, der hippalus der Griechen) wird abgeleitet von dem arabischen Worte mausim: bestimmte Zeit, Jahreszeit, Zeit der Versammlung der Pilger in Mekka. Das Wort ist auf die Jahreszeit der regelmäßigen Winde übergetragen, welche Namen haben von den Gegenden, aus denen sie wehen; so sagt man Mausim von Aden, Guzerat, Malabar u. s. w.

[230] (S. 239.) „Haec de temperie aeris, qui terram late circumfundit, ac in quo, longe a solo, instrumenta nostra meteorologica suspensa habemus. Sed alia est caloris vis, quem radii solis nullis nubibus velati, in foliis ipsis et fructibus maturescentibus, magis minusve coloratis, gignunt, quemque, ut egregia demonstrant experimenta amicissimorum Gay-Lussacii et Thenardi de combustione chlori et hydrogenis, ope thermometri metiri nequis. Etenim locis planis et montanis, vento libe spirante, circumfusi aeris temperies eadem esse potest coelo sudo vel nebuloso; ideoque ex observationibus solis thermometricis, nullo adhibito Photometro, haud. cognosces, quam ob causam Galliae septentrionalis tractus Armoricanus et Nervicus, versus littora, coelo temperato sed sole raro utentia, Vitem fere non tolerant. Egent enim stirpes non solum caloris stimulo, sed et lucis, quae magis intensa locis excelsis quam planis, duplici modo plantas movet, vi sua tum propria, tum calorem in superficie earum excitante." (Humboldt, de distributione geographica Plantarum, 1817, p. 163—164.)

[231] (S. 239.) Hier folgt eine die europäische Weinkultur erläuternde Tabelle in absteigender Skala, gleichsam die Verschlechterung des Weines nach Maßgabe der klimatischen Verhältnisse darstellend. Den Beispielen, welche im Text des Kosmos über die Weinkultur bei Bordeaux und Potsdam gegeben worden, sind noch die numerischen Verhältnisse der Rhein- und Maingegenden (Br. 48°35′ bis 50°7′) beigefügt. Cherbourg (Normandie) und Irland

offenbaren am deutlichsten, wie bei Temperaturverhältnissen, welche von denen des inneren Landes nach Angabe der im Schatten beobachteten Thermometer wenig verschieden sind, die Pflanze bei heiterem sonnigen oder durch Nebel verschleiertem Himmel reife oder unreife Frucht trägt.

Orte	Breite	Höhe in m	Jahr	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst	Beobachtungsjahre
Bordeaux	44°50′	7,8	13°,9	6°,1	13°,4	21°,7	14°,4	10
Straßburg	48 35	146,1	9,8	1,2	10,0	18,1	10,0	35
Heidelberg	49 24	101,3	9,7	1,1	10,0	17,9	9,9	20
Mannheim	49 29	91,6	10,3	1,5	10,4	19,5	9,8	12
Würzburg	49 48	171,5	10,1	1,6	10,2	18,7	9,7	27
Frankfurt a. M.	50 7	116,9	9,6	0,8	10,0	18,0	9,7	19
Berlin	52 31	31,1	8,6	−0,6	8,1	17,5	8,6	22
Cherbourg kein Wein	49 39	0	11,2	5,2	10,4	16,5	12,5	3
Dublin	53 23	0	9,5	4,6	8,4	15,3	9,8	13

Die große Uebereinstimmung in der Verteilung der Jahreswärme unter die verschiedenen Jahreszeiten, welche die Angaben vom Rhein- und Mainthale darbieten, zeugt für die Genauigkeit der angewandten meteorologischen Beobachtungen. Als Winter sind, wie in meteorologischen Tabellen am vorteilhaftesten ist, die Monate Dezember, Januar und Februar gerechnet. Die Thermometergrade sind, wie im ganzen Kosmos, in hunderstteiliger Skala. Wenn man die Qualität der Weine in Franken oder den baltischen Ländern mit der mittleren Temperatur der Sommer- und Herbstmonate um Würzburg und Berlin vergleicht, so ist man fast verwundert, nur 1°–1°,2 Unterschied zu finden; aber die Frühlingstemperaturen sind um 2° verschieden; und die Blütezeit der Rebe bei späten Maifrösten, nach einem ebenfalls um 2° kälteren Winter, ist ein ebenso wichtiges Element als die Zeit der späten Reife der Traube und die Wirkung des direkten, nicht zerstreuten (diffusen) Lichtes bei unverdeckter Sonnenscheibe. Der im Text berührte Unterschied zwischen der wahren oberflächlichen Bodentemperatur und den Angaben eines im Schatten beobachteten geschützten Thermometers ist von Dove durch fünfzehnjährige Resultate aus dem Garten zu Chiswick bei London ergründet worden.

[232] (S. 241.) Die sibirische Bodenfläche zwischen Tobolsk, Tomsk und Barnaul von Altai zum Eismeere liegt noch so hoch als Mannheim und Dresden; ja selbst weit in Osten vom Jenisei liegt Irkutsk (208 Toisen = 405 m) noch fast $\frac{1}{3}$ niedriger als München.

[233] (S. 243.) In der Sierra de Santa Marta, deren höchste Gipfel 18000 Fuß (5400 m) Höhe zu übersteigen scheinen, heißt noch jetzt eine Spitze Pico de Gaira.

[234] (S. 244.) Vergl. meine Tafel der Höhe des ewigen Schnees in beiden Hemisphären von 71¼° nördlicher bis 53°54′ südlicher Breite in der Asie centrale T. III, p. 360.

[235] (S. 245.) Da der Vulkan von Aconcagua zu der Zeit nicht im Ausbruch begriffen war, so darf man wohl nicht das merkwürdige Phänomen der Schneelosigkeit (wie bisweilen am Cotopaxi) innerer Durchwärmung (dem Ausziehen erhitzter Luft auf Spalten) zuschreiben.

[236] (S. 245.) Während in Indien selbst die gründlichsten und erfahrensten Reisenden: Colebrooke, Webb und Hodgson, Viktor Jacquemont, Forbes Royle, Carl von Hügel und Vigne, welche alle den Himalaya aus eigener Anschauung kannten, die größere Höhe der Schneegrenze am tibetischen Abfall bekräftigt hatten, wurde die Thatsache von John Gerard, von dem Geognosten Mac Clelland, Herausgeber des Calcutta Journal, und vom Lieutenant Thomas Hutton (Assistant Surveyor of the Agra division) in Zweifel gestellt. Die Erscheinung meines Werkes über Centralasien hat den Streit von neuem angefacht. Ein eben angekommenes Stück des ostindischen Journals für Naturgeschichte enthält aber eine merkwürdige und sehr entscheidende Erklärung über die Schneegrenzen am Himalaya. Herr Batten (Bengal service) schreibt aus dem Lager von Semulka am Cosillah River in der Provinz Kumaon: „Erst spät, aber mit Verwunderung, lese ich die Behauptungen des Herrn Thomas Hutton über die Grenze des ewigen Schnees. Ich bin es der Wissenschaft um so mehr schuldig, solchen Behauptungen zu widersprechen, als Herr Mac Clelland so weit geht, von dem Verdienste zu sprechen, welches sich Herr Hutton dadurch soll erworben haben, daß er einen weit verbreiteten Irrtum aufgedeckt. Es wird sogar irrig behauptet, daß jeder, der das Himalayagebirge durchstrichen ist, Huttons Zweifel teilen müsse. Ich bin einer von denen, die den westlichen Teil unserer mächtigen Gebirgskette am meisten besucht haben. Ich war durch den Borendopaß in das Buspathal und das untere Kunawurland gekommen, und durch den hohen Rupinpaß in die Rewaienberge von Gurwal zurückgekehrt. Ich drang vor zu den Quellen des Jumna bis Jumnotri, wendete mich von da zu den Gangeszuflüssen von Mundakni und Wischnu-Alaknunda nach Kadarnath und dem berühmten Schneegipfel von Nundidevi. Mehrmals wanderte ich über den Nitipaß nach dem tibetischen Hochlande. Die Ansiedelung von Bhote-Mehals habe ich selbst gestiftet. Mein Wohnsitz mitten im Gebirge hat mich seit sechs Jahren ununterbrochen mit europäischen und ein-

ebornen Reisenden in Verkehr gesetzt, mit solchen, die ich auf das orgfältigste über den Anblick des Landes habe befragen können. Nach allen auf diese Weise eingesammelten Erfahrungen bin ich zu er Ueberzeugung gelangt, und bereit, dieselbe überall zu verteidigen, aß in dem Himalaya die Grenze des ewigen Schnees n dem nördlichen (tibetischen) Abhange höher liegt als n dem südlichen indischen Abhange. Herr Hutton verun-altet das Problem, indem er Humboldts allgemeine Ansicht der rscheinung zu widerlegen glaubt; er ficht gegen ein von ihm selbst eschaffenes Phantasiebild; er sucht zu beweisen, was wir ihm gern ugeben, „daß an einzelnen Bergen des Himalaya der Schnee inger auf der nördlichen als auf der südlichen Seite liegen ge-lieben ist". (Vergl. auch oben die Note 5 zu Seite 1.) Wenn ie mittlere Höhe des tibetischen Hochlandes 1800 Toisen 10 800 Fuß = 3508 m) ist, so kann man dasselbe mit dem lieb-ich fruchtbaren peruanischen Plateau von Caxamarca vergleichen. s ist nach dieser Ansicht aber noch 1200 Fuß (390 m) niedriger ls die Hochebene von Bolivia um den See von Titicaca und als as Straßenpflaster der Stadt Potosi. Ladak liegt nach Vignes Messung mittels der Bestimmung des Siedepunktes 1563 Toisen 3048 m) hoch. Wahrscheinlich ist dies auch die Höhe von Hlassa Pul-sung), einer Mönchsstadt, welche chinesische Schriftsteller das Reich der Freude nennen und welche mit Weinbergen umgeben st. Sollten diese nicht in tief eingeschnittenen Thälern liegen?

[237] (S. 246.) Die mittlere Regenmenge in Paris ist nach Arago von 1805—1822 gewesen: 18 Zoll 9 Linien (498 mm), n London (von 1812—1827) nach Howard 23 Zoll 4 Linien 632 mm), in Genf nach einem Mittel von 32 Jahren 28 Zoll Linien (770 mm). In der Küstengegend von Hindostan ist die Regenmenge 108—120 Zoll (2808—3250 mm), und auf der Insel Cuba fielen 1821 volle 133 Zoll (3596 mm). Vergl. über die Ver-eilung der Regenmenge im mittleren Europa nach Jahreszeiten ie vortrefflichen Beobachtungen von Gasparin, Schouw und Bravais in der Bibliothèque universelle T. XXXVIII. . 54 und 264, tableau du Climat de l'Italie p. 76 und Martins Noten zu seiner sehr bereicherten französischen Ueber-etzung von Kämtz Vorlesungen über Meteorologie p. 142.

[238] (S. 246.) Nach Bousssingault (Économie rurale T. II. p. 693) war in Marmato (Breite 5° 27', Höhe 731 t (1425 m) nd mittlere Temperatur 20°,4) in den Jahren 1833 und 1834 die ittlere Regenmenge 60 Zoll 2 Linien (1624 mm), während in Santa Fé de Bogota (Breite 4° 36', Höhe 1358 t [2647 m] nd mittlere Temperatur 14°,5) sie nur 37 Zoll 1 Linie (754 mm) etrug.

[239] (S. 248.) Ich mache hier nur auf diejenigen meiner Versuche aufmerksam, in denen der 3 Fuß (1 m) lange metallische Leiter des Saussureschen Elektrometers weder auf- noch abwärts

bewegt, noch nach Voltas Vorschlag mit brennendem Schwamm armiert war. Denjenigen meiner Leser, welche die jetzt streitigen Punkte der Luftelektrizität genau kennen, wird der Grund dieser Beschränkung verständlich sein. Ueber die Bildung der Gewitter in den Tropen s. meine Relat. hist. T. II, p. 45 und 202—209.

[240] (S. 248.) Nach den abweichenden Ansichten von Lamé, Becquerel und Peltier ist über die Ursache der spezifischen Verteilung der Elektrizität in Wolken, deren einige eine positive oder eine negative Spannung haben, bisher schwer zu entscheiden. Auffallend ist die, zuerst von Tralles aufgefundene, von mir oft in verschiedenen Breiten bestätigte, negative Elektrizität der Luft, die bei hohen Wasserfällen Zerstäubung der Wassertropfen veranlaßt und in 300—400 Fuß (95—130 m) Entfernung für sensible Elektrometer bemerkbar ist.

[241] (S. 249.) Der um die Meteorologie des asiatischen Nordens hoch verdiente Akademiker von Baer hat nicht die große Seltenheit der Gewitter in Island und Grönland in Abrede gestellt, er hat nur angezeigt, daß man auch in Nowaja Semlja und Spitzbergen bisweilen habe donnern gehört.

[242] (S. 251.) Die Geschichte der Pflanzen, welche auf eine geistreiche Art und mit wenigen Zügen Endlicher und Unger geschildert haben, habe ich vor einem halben Jahrhundert in meiner „unterirdischen Flora" angehängten Aphorismen auf folgende Weise von der Pflanzengeographie getrennt: „Geognosia naturam animantem et inanimam vel, ut vocabulo minus apto, ex antiquitate saltem haud petito, utar, corpora organica aeque ac inorganica considerat. Sunt enim tria quibus absolvitur capita: Geographia oryctologica quam simpliciter Geognosiam vel Geologiam dicunt, virque acutissimus Wernerus egregie digessit; Geographia zoologica, cujus doctrinae fundamenta Zimmermanus et Treviranus jecerunt; et Geographia plantarum quam aequales nostri diu intactam reliquerunt. Geographia plantarum vincula et cognationem tradit, quibus omnia vegetabilia inter se connexa sint, terrae tractus quos teneant, in aerem atmosphaericum quae sit eorum vis ostendit, saxa atque rupes quibus potissimum algarum primordiis radicibusque destruantur docet, et quo pacto in telluris superficie humus nascatur, commemorat. Est itaque quod differat inter Geognosiam et Physiographiam, historia naturalis perperam nuncupatam, quum Zoognosia, Phytognosia et Oryctognosia a quae quidem omnes in naturae investigatione versantur, non nisi singulorum animalium, plantarum, rerum metallicarum vel (venia sit verbo) fossilium formas, anatomen, vires scrutantur. Historia Telluris, Geognosiae magis quam Physiographiae affinis, nemini adhuc tentata, plantarum animaliumque genera orbem inhabitantia primaevum, migrationes eorum compluriumque interitum, ortum quem montes, valles, saxorum strata et venae metalli-

ferae ducunt, aerem, mutatis temporum vicibus, modo purum, modo vitiatum, terrae superficiem humo plantisque paulatim obtectam, fluminum inundantium impetu denuo nudatam, iterumque siccatam et gramine vestitam commemorat. Igitur Historia zoologica, Historia plantarum et Historia oryctologica, quae non nisi pristinum orbis terrae statum indicant, a Geognosia probe distinguendae." Ueber die sich selbst bestimmenden Bewegungen, von denen weiter unten im Texte die Rede ist, vergl. die merkwürdige Stelle des Aristoteles, de Coelo II, 2. p. 284 Bekker, wo der Unterschied der belebten und unbelebten Körper in den inneren oder äußeren Bestimmungssitz der Bewegung gesetzt wird. Von der „ernährenden Pflanzenseele", sagt der Stagirite, geht keine Bewegung aus, weil die Pflanzen in einem „stillen, nicht zu erweckenden Schlummer liegen" und keine Begierden haben, die sie zur Selbstbewegung reizen.

[243] (S. 254.) Ueber Vermehrung durch Selbstteilung des Mutterkörpers und durch Einschieben neuer Substanz s. Ehrenberg von den jetzt lebenden Tierarten der Kreidebildung, in den Abhandl. der Berliner Akad. der Wiss. 1839 S. 94. Die größte zeugende Kraft der Natur ist in den Vorticellen. Schätzungen der möglichst raschesten Massenentwickelung finden sich in Ehrenbergs großem Werke: Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen, 1838, S. XIII, XIX und 244. „Die Milchstraße dieser Organismen geht durch die Gattungen Monas, Vibrio Bacterium und Bodo." Die Allbelebtheit der Natur ist so groß, daß kleinere Infusionstiere parasitisch auf größeren leben, ja daß die ersteren wiederum anderen zum Wohnsitz dienen.

[244] (S. 256.) Zu der raschen Vermehrung der kleinsten Organismen gesellt sich noch bei einigen (Weizenaalchen, Rädertieren, Wasserbären oder Tardigraden) die wunderbare Ausdauer des Lebens. Trotz einer 28tägigen Austrocknung im luftleeren Raume durch Chlorkalk und Schwefelsäure, trotz einer Erhitzung von 120° wurde die Wiedererweckung aus dem Scheintode beobachtet. Siehe die schönen Versuche des Herrn Doyère im Mém. sur les Tardigrades et sur leur propriété de revenir à la vie, 1842, p. 119, 129, 131 und 133. Vergl. im allgemeinen über das Wiederaufleben jahrelang vertrockneter Tiere Ehrenberg S. 492—496.

[245] (S. 256.) Man vergleiche über die vermeinte „primitive Umbildung" der organisierten oder unorganisierten Materie zu Pflanzen und Tieren Ehrenberg in Poggendorffs Annalen der Physik Bd. XXIV, S. 1—48 und desselben Infusionstierchen S. 121 und 525 mit Joh. Müller, Physiologie des Menschen (4. Aufl. 1844) Bd. I, S. 8—17. Ueberaus merkwürdig scheint mir, daß Augustinus, der Kirchenvater sich in seinen Fragen, wie möglicherweise die Inseln nach der großen Flut haben aufs neue Pflanzen und Tiere empfangen können, der sogenannten „keim- und

mutterlosen Zeugung" (generatio aequivoca, spontanea aut primaria) keineswegs abgeneigt bezeigt. „Haben," sagt er, „die Engel die Tiere nicht auf abgelegene Inseln gebracht oder etwa jagdlustige Bewohner der Kontinente, so müssen sie aus der Erde unmittelbar entstanden sein; wobei freilich die Frage entsteht, zu welchem Zwecke allerlei Tiere in der Arche versammelt worden waren." „Si e terra exortae sunt (bestiae) secundum originem primam, quando dixit Deus: *Producat terra animam vivam!* multo clarius apparet, non tam reparandorum animalium causa, quam figurandarum variarum gentium (?) propter ecclesiae sacramentum in Arca fuisse omnia genera, si in insulis, quo transire non possent, multa animalia terra produxit." Augustinus de Civitate Dei lib. XVI, cap. 7. — Schon 200 Jahre vor dem Bischof von Hippo finden wir in den Auszügen des Trogus Pompejus die generatio primaria mit der früheften Abtrocknung der Urwelt und der Hochebene von Asien in Verbindung gesetzt, ganz wie in der paradiesischen Terrassentheorie des großen Linné und in den Atlantisträumen des 18. Jahrhunderts: „Quodsi omnes quondam terrae submersae profundo fuerunt, profecto editissimam quamque partem decurrentibus aquis primum detectam; humillimo autem solo eandem aquam diutissime immoratam, et quanto prior quaeque pars terrarum siccata sit, tanto prius animalia generare coepisse. Porro Scythiam adeo editorem omnibus terris esse, ut cuncta flumina ibi nata in Maeotim, tum deinde in Ponticum et Aegyptium mare decurrant." Justinus lib. II, cap. 1. Die irrige Meinung, daß das Land der Skythen eine Hochebene bilde, ist so uralt, daß wir sie schon recht deutlich im Hippokrates ausgedrückt finden. „Skythien," sagt er, „bildet hohe und nackte Ebenen, die, ohne von Bergen gekrönt zu sein, gegen Norden immer höher und höher ansteigen."

[246] (S. 260.) Tacitus unterscheidet in seinen Spekulationen über die Bevölkerung von Britannien sehr schön, was den klimatischen Einwirkungen der Gegend, was, bei eingewanderten Stämmen, der alten unwandelbaren Kraft eines fortgepflanzten Typus angehören kann: „Britanniam qui mortales initio coluerint, indigenae an advecti, ut inter barbaros, parum compertum. Habitus corporis varii, atque ex eo argumenta; namque rutilae Caledoniam habitantium comae, magni artus Germanicam originem adseverant. Silurum colorati vultus et torti plerumque crines, et posita contra Hispania, Iberos veteres trajecisse, easque sedes occupasse fidem faciunt; proximi Gallis, et similes sunt: seu durante originis vi; seu, procurrentibus in diversa terris, positio caeli corporibus habitum dedit." Vergl. über die Ausdauer der Gestaltungstypen in heißen und kalten Erd- und Bergstrichen des Neuen Kontinentes meine Relation historique T. I, p. 498—503, T. II, p. 572—574.

[247] (S. 260.) Welcker glaubt, die von Strabo citierten Verse

des Theodectes seien einer verlornen Tragödie entlehnt, die vielleicht den Titel Memnon führte.

[248] (S. 262) Die späte Ankunft türkischer und mongolischer Stämme sowohl am Oxus als in der Kirgisensteppe steht der Annahme Niebuhrs, daß die Skythen des Herodot und Hippokrates Mongolen waren, entgegen. Es ist weit wahrscheinlicher, daß die Skythen (Scoloten) zu den indogermanischen Massa-Geten (Alanen) zu rechnen sind. Die Mongolen, eigentliche Tataren (der letztere Name ist später fälschlich rein türkischen Stämmen in Rußland und Sibirien gegeben worden), saßen damals weit im Osten von Asien. Ein ausgezeichneter Sprachforscher, Professor Buschmann, erinnert, daß Firdusi im Schahnameh, in seinen halb mythischen historischen Anfängen, „einer Feste der Alanen" am Meere erwähnt, in welche Selm, der älteste Sohn des Königs Feridun (gewiß ein paar Jahrhunderte vor Cyrus), sich flüchten wollte. Die Kirgisen der sogenannten skythischen Steppe sind ursprünglich ein finnischer Stamm; sie sind jetzt wahrscheinlich in ihren drei Horden das zahlreichste aller wandernden Völker und lebten schon im 6. Jahrhundert in der Steppe, in welcher ich sie gesehen. Der Byzantiner Menander erzählt ausdrücklich, wie der Chakan der Türken (Thu-kiu) im Jahre 569 dem vom Kaiser Justinus II abgesandten Zemarchus eine Kirgisen-Sklavin schenkte; er nennt sie eine χεργίς, und auch bei Abulgasi heißen die Kirgisen Kirkiz. Die Aehnlichkeit der Sitten ist, wo die Natur des Landes den Hauptcharakter der Sitten hervorruft, ein sehr unsicherer Beweis der Stammähnlichkeit. Das Leben in der Steppe erzeugt bei Türken (Ti, Tukiu), bei Baschkiren (Finnen), bei Kirgisen, bei Torgod und Tsungaren (Mongolen) dieselben Gewohnheiten des nomadischen Lebens, denselben Gebrauch von Filzzelten, die auf Wagen fortgeführt und bei den Viehherden aufgeschlagen werden.

[249] (S. 264.) Das Unerfreulichste und in späteren Zeiten so oft Wiederholte über die ungleiche Berechtigung der Menschen zur Freiheit und über Sklaverei als eine naturgemäße Einrichtung findet sich leider! sehr systematisch entwickelt in Aristoteles Politica I, 3, 5, 6.

[250] (S. 264.) Wilhelm von Humboldt über die Kawisprache Bd. III, S. 426. Ich füge aus demselben Werke noch folgendes hinzu: „Die stürmenden Eroberungen Alexanders, die staatsklug bedächtigen der Römer, die wild grausamen der Mexikaner, die despotischen Ländervereinigungen der Inkas haben in beiden Welten dazu beigetragen, das vereinzelte Dasein der Völker aufzuheben und weitere Verbindungen zu stiften. Große und starke Gemüter, ganze Nationen handelten unter der Macht einer Idee, die ihnen in ihrer Reinheit gänzlich fremd war. In der Wahrheit ihrer tiefen Milde sprach sie zuerst, ob es ihr gleich nur langsam Eingang verschaffen konnte, das Christentum aus. Früher kommen nur einzelne Anklänge vor. Die neuere Zeit hat den Begriff der

Zivilisation lebendiger aufgefaßt, und das Bedürfnis erregt, Verbindungen der Völker und Kultur weiter zu verbreiten; auch die Selbstsucht gewinnt die Ueberzeugung, daß sie auf diesem Wege weiter gelangt als auf dem gewaltsamer Absonderung. Die Sprache umschlingt mehr, als sonst etwas im Menschen, das ganze Geschlecht. Gerade in ihrer völkertrennenden Eigenschaft vereinigt sie durch das Wechselverständnis fremdartiger Rede die Verschiedenheit der Individualitäten, ohne ihrer Eigentümlichkeit Eintrag zu thun."

Inhalts-Uebersicht

des I. Bandes des Kosmos.

Vorrede S. VII—XII.

Einleitende Betrachtungen über die Verschiedenartigkeit des Naturgenusses und die wissenschaftliche Ergründung der Weltgesetze S. 3—28.

Einsicht in den Zusammenhang der Erscheinungen als Zweck aller Naturforschung. — Natur ist für die denkende Betrachtung Einheit in der Vielheit. — Verschiedenheit der Stufen des Naturgenusses. — Wirkung des Eintritts in das Freie; Genuß ohne Einsicht in das Wirken der Naturkräfte, ohne Eindruck von dem individuellen Charakter einer Gegend. — Wirkung der physiognomischen Gestaltung der Oberfläche oder des Charakters der Vegetation. Erinnerung an die Waldthäler der Kordilleren und an den Vulkan von Tenerifa. Vorzüge der Gebirgsgegend dem Aequator nahe: wo im engsten Raume die Mannigfaltigkeit der Natureindrücke ihr Maximum erreicht, wo es dem Menschen gegeben ist, alle Gestirne des Himmels und alle Gestalten der Pflanzen gleichzeitig zu sehen. S. 3—10. — Trieb nach Aufsuchung der Ursachen physischer Erscheinungen. — Irrige Ansichten über das Wesen der Naturkräfte, durch Unvollständigkeit der Beobachtung oder der Induktion erzeugt. — Rohe Anhäufung physischer Dogmen, die ein Jahrhundert dem anderen aufdringt. Verbreitung derselben unter die höheren Volksklassen. Neben der wissenschaftlichen Physik besteht eine andere, ein tief eingewurzeltes System ungeprüfter, mißverstandener Erfahrungssätze. — Aufsuchung von Naturgesetzen. Besorgnis, daß die Natur bei dem Forschen in das innere Wesen der Kräfte von ihrem geheimnisvollen Zauber verliert, daß der Naturgenuß durch das Naturwissen notwendig geschwächt werde. Vorzüge der generellen Ansichten, die der Wissenschaft einen erhabenen und ernsten Charakter verleihen. Mögliche Trennung des Allgemeinen von dem Besonderen. Beispiele aus der Astronomie, den neuen optischen Entdeckungen, der physischen Erdkunde und der Geographie der

Pflanzen. Zugänglichkeit des Studiums der physischen Weltbeschreibung. S. 11—25. — Mißverstandenes populäres Wissen und Verwechselung einer Weltbeschreibung mit einer Encyklopädie der Naturwissenschaften. Notwendigkeit der gleichzeitigen Würdigung aller Teile des Naturstudiums. Einfluß dieses Studiums auf den Nationalreichtum und den Wohlstand der Völker; doch ist sein erster und eigentlicher Zweck ein innerer, der der erhöhten geistigen Thätigkeit. Form der Behandlung in Vortrag und Darstellung; Wechselverkehr zwischen Gedanken und Sprache S. 25—28.

In den Anmerkungen S. 29—33 (Nr. 1—11): Vergleichende hypsometrische Angaben; Bergmessungen des Dhawalagiri, Jawahir, Chimborazo, Aetna nach Sir John Herschel, der Schweizer Alpen u. s. w. S. 29. — Seltenheit der Palmen und Farne im Himalaya S. 30. Europäische Pflanzenformen in den indischen Gebirgen S. 30. — Nördliche und südliche Grenze des ewigen Schnees am Himalaya; Einfluß der Hochebene von Tibet S. 30—32. — Fische der Vorwelt S. 33.

Begrenzung und wissenschaftliche Behandlung einer physischen Weltbeschreibung S. 34—50.

Inhalt der Lehre vom Kosmos oder der physischen Weltbeschreibung. Sonderung von anderen, verwandten Disziplinen. S. 34—38. — Der uranalogische Teil des Kosmos ist einfacher als der tellurische; die Ausschließung von allem Wahrnembaren der Stoffverschiedenheit vereinfacht die Mechanik des Himmels. — Ursprung des Wortes Kosmos, Schmuck und Weltordnung. Das Seiende ist im Begreifen der Natur nicht absolut vom Werden zu trennen. Weltgeschichte und Weltbeschreibung. S. 39 bis 44. — Versuche, die Vielheit der Erscheinungen im Kosmos in der Einheit des Gedankens, in der Form eines rein rationalen Zusammenhanges zu fassen. — Naturphilosophie ist aller genauen Beobachtung schon im Altertum vorhergegangen: ein natürliches, bisweilen irregeleitetes Streben der Vernunft. — Zwei Formen der Abstraktion beherrschen die ganze Masse der Erkenntnis: quantitative (Verhältnisbestimmungen nach Zahl und Größe) und qualitative (stoffartige Beschaffenheiten). — Mittel, die Erscheinungen dem Kalkül zu unterwerfen. Atome, mechanische Konstruktionsmethoden; sinnbildliche Vorstellungen; Mythen der imponderablen Stoffe und eigener Lebenskräfte in jeglichem Organismus. — Was durch Beobachtung und Experiment (Hervorrufen der Erscheinungen) erlangt ist, führt durch Analogie und Induktion zur Erkenntnis empirischer Gesetze. Allmähliche Vereinfachung und Verallgemeinerung derselben. — Anordnung des Aufgefundenen nach leitenden Ideen. Der so viele Jahrhunderte hindurch gesammelte Schatz empirischer Anschauung wird nicht von der Philosophie wie von einer feindlichen Macht bedroht. S. 45—50.

Zu den Anmerkungen S. 51—54 (Nr. 1—4): Ueber die allgemeine und vergleichende Erdkunde des Varenius S. 51—52. — Philologische Untersuchung über κόσμος und mundus S. 53—54.

Naturgemälde. Uebersicht der Erscheinungen S. 55—265.

Einleitung S. 55—60: Ein beschreibendes Weltgemälde umfaßt das Universum (τὸ πᾶν) in seinen beiden Sphären, der himmlischen und irdischen. — Form und Gang der Darstellung. Es beginnt dieselbe mit den Tiefen des Weltraums, in denen wir nur die Herrschaft der Gravitationsgesetze erkennen, mit der Region der fernsten Nebelflecke und Doppelsterne und steigt stufenweise herab durch die Sternschicht, der unser Sonnensystem angehört, zu dem luft- und meerumflossenen Erdsphäroid: seiner Gestaltung, Temperatur und magnetischen Spannung; zu der organischen Lebensfülle, welche, vom Lichte angeregt, sich an seiner Oberfläche entfaltet. — Partielle Einsicht in die relative Abhängigkeit der Erscheinungen voneinander. — Bei allem Beweglichen und Veränderlichen im Raume sind mittlere Zahlenwerte der letzte Zweck; sie sind der Ausdruck physischer Gesetze, die Mächte des Kosmos. Das Weltgemälde beginnt nicht mit dem Tellurischen, wie aus einem subjektiven Standpunkte hätte vorgezogen werden können; es beginnt mit dem, was die Himmelsräume erfüllt. Verteilung der Materie: sie ist teils zu rotierenden und kreisenden Weltkörpern von sehr verschiedener Dichtigkeit und Größe geballt, teils selbstleuchtend, dunstförmig als Lichtnebel zerstreut. Vorläufige Uebersicht der einzelnen Teile des Naturgemäldes, um die Aneinanderreihung der Erscheinungen kenntlich zu machen.

I. Uranologischer Teil des Kosmos S. 60—111.

II. Tellurischer Teil des Kosmos S. 111—265.

a) Gestalt der Erde, mittlere Dichtigkeit, Wärmegehalt, elektromagnetische Thätigkeit, Lichtprozesse S. 111—143.

b) Lebensthätigkeiten des Erdkörpers nach außen. — Reaktion des Inneren des Planeten gegen seine Rinde und Oberfläche. Unterirdisches Getöse ohne Erschütterungswellen. Erdbeben als dynamisches Phänomen S. 143—154.

c) Stoffartige Produktionen, die das Erdbeben oft begleiten. Luft- und Wasserquellen. Salsen und Schlammvulkane. Hebungen des Bodens durch elastische Kräfte S. 154—161.

d) Feuerspeiende Berge. Erhebungskrater. Verteilung der Vulkane auf der Erde S. 161—176.

e) Die vulkanischen Kräfte bilden neue Gebirgsarten und wandeln ältere um. — Geognostische Klassifikation der Gebirgsmassen in vier Gruppen. — Kontaktphänomen. — Versteinerungshaltige Schichten. Ihre Aufrichtung. Fauna und Flora der Vorwelt. Zerstreuung der Felsblöcke S. 176—206.

f) Die geognostischen Epochen, bezeichnet durch die mineralogische Verschiedenheit der Gebirgsarten, haben den Zustand

räumlicher Verteilung der Feste und des Flüssigen, der Kontinente und der Meere bestimmt. Individuelle Gestaltungen der Feste in horizontaler Ausdehnung und senkrechter Erhebung. — Verhältnis der Areale. — Gliederung. Fortgesetzte Faltung der Erdrinde S. 206—220.

g) Umhüllungen der starren Oberfläche des Planeten, tropfbar-flüssige und luftförmige. Wärmeverteilung in beiden. — Meer. Ebbe und Flut. Strömungen und ihre Folgen S. 220 bis 227.

h) Atmosphäre. Chemische Zusammensetzung. Schwankungen der Dichtigkeit. — Gesetz der Windrichtung. Mittlere Wärme. Aufzählung der temperatur-erhöhenden und temperatur-vermindernden Ursachen. Kontinental- und Inselklima. Ost- und Westküsten. — Ursache der Krümmung der Isothermen. — Grenzen des ewigen Schnees. — Dampfmenge. — Elektrizität des Luftkreises. Wolkengestalt S. 227—251.

i) Scheidung des anorganischen Erdenlebens von der Geographie des Organisch-Lebendigen, der Geographie der Pflanzen und Tiere. — Physische Abstufungen des Menschengeschlechts S. 251—265.

Spezielle Zergliederung des Naturgemäldes, mit Beziehung auf den Inhalt der Anmerkungen.

I. Uranologischer Teil des Kosmos: Text S. 60 bis 111, Anmerkungen S. 266—288.

Inhalt der Welträume. Vielgestaltete Nebelflecke, planetarische Nebel und Nebelsterne. — Landschaftliche Anmut des südlichen Himmels, Anm. S. 266. — Vermutungen über die räumliche Anordnung des Weltgebäudes. Unser Sternhaufen eine Weltinsel. Sterneichungen. — Doppelsterne, um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisend. Entfernung des Sterns 61 im Schwan S. 43, 110 und Anm. S. 267. — Attraktionssysteme verschiedener Ordnung S. 60—65. - Unser Sonnensystem viel komplizierter, als man es noch am Ende des verflossenen Jahrhunderts geglaubt. Hauptplaneten mit Neptun, Asträa, Hebe und Iris jetzt 15, Nebenplaneten 18; Myriaden von Kometen, worunter mehrere innere, in die Planetenbahnen eingeschlossene; ein rotierender Ring (das Zodiakallicht) und wahrscheinlich Meteorsteine als kleine Weltkörper. — Die teleskopischen Planeten: Vesta, Juno, Ceres, Pallas, Asträa, Hebe und Iris, mit ihren stark geneigten und mehr exzentrischen, ineinander verschlungenen Bahnen, scheiden, als mittlere Gruppe, die innere Planetengruppe (Merkur, Venus, Erde und Mars) von der äußeren (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun). Kontraste dieser Planetengruppen. — Verhältnisse der Abstände von einem Centralkörper. Verschiedenheiten der absoluten Größe, Dichtigkeit, Umdrehungszeit, Exzentrizität und Neigung der Bahnen.

Das sogenannte Gesetz der Abstände der Planeten von ihrer Centralsonne. Mondreichste Planeten S. 65—69 und Anm. S. 267 bis 268. — Räumliche (absolute und relative) Verhältnisse der Nebenplaneten; größter und kleinster der Monde. Größte Annäherung an einen Hauptplaneten. — Rückläufige Bewegung der Uranusmonde. Libration der Erdtrabanten S. 69—72 und Anm. S. 268. — Kometen. Kern und Schweif. Mannigfaltige Form und Richtung der Ausströmungen in konoidischen Hüllen mit dickerer und dünnerer Wandung. Mehrfache Schweife, selbst der Sonne zugekehrt. Formenwechsel des Schweifes; vermutete Rotation desselben. Natur des Lichts. Sogenannte Bedeckungen von Fixsternen durch Kometenkerne. Exzentrizität der Bahnen und Umlaufszeiten. Größte Entfernung und größte Nähe der Kometen. Durchgang durch das System der Jupitersmonde. — Kometen von kurzer Umlaufszeit, wohl besser innere Kometen genannt (Encke, Biela, Faye) S. 72—82 und Anm. S. 268—271. — Kreisende Aerolithen (Meteorsteine, Feuerkugeln, Sternschnuppen). Planetarische Geschwindigkeit. Größe, Form, beobachtete Höhe. Periodische Wiederkehr in Strömen, Novemberstrom und der des heil. Laurentius. Chemische Zusammensetzung der Meteorasteroiden S. 83—98 und Anm. S. 271—282. — Ring des Tierkreislichts. — Beschränktheit der jetzigen Sonnenatmosphäre S. 98—102 und Anm. S. 282—286. — Ortsveränderung des ganzen Sonnensystems S. 102—104 und Anm. S. 286—287. — Das Walten der Gravitationsgesetze auch jenseits unseres Sonnensystems. — Milchstraße der Sterne und ihr vermutetes Aufbrechen. Milchstraße von Nebelflecken, rechtwinkelig mit der der Sterne. — Umlaufszeiten zweifarbiger Doppelsterne. — Sternenteppich; Oeffnungen im Himmel, in der Sternschicht. — Begebenheiten im Weltraum; Auflodern neuer Sterne. — Fortpflanzung des Lichtes; der Anblick des gestirnten Himmels bietet Ungleichzeitiges dar S. 104—111 und Anm. S. 286—288.

II. Tellurischer Teil des Kosmos S. 111—265 und Anm. S. 288—338.

a) Gestalt der Erde. Dichtigkeit, Wärmegehalt, elektromagnetische Spannung und Erdlicht S. 111—143 und Anm. S. 288 bis 306: Ergründung der Abplattung und Krümmung der Erdoberfläche durch Gradmessungen, Pendelschwingungen und gewisse Ungleichheiten der Mondsbahn. — Mittlere Dichtigkeit der Erde. — Erdrinde, wie tief wir sie kennen? S. 111—123 und Anm. S. 288 bis 294. — Dreierlei Bewegung der Wärme des Erdkörpers, sein thermischer Zustand. Gesetz der Zunahme der Wärme mit der Wärme mit der Tiefe S. 123—126 und Anm. S. 294—295. — Magnetismus, Elektrizität in Bewegung. Periodische Veränderlichkeit des tellurischen Magnetismus. Störung des regelmäßigen Ganges der Magnetnadel. Magnetische Ungewitter; Ausdehnung ihrer Wirkung. Offenbarungen der magnetischen Kraft an der

Oberfläche in drei Klassen der Erscheinungen; Linien gleicher Kraft (isodynamische), gleicher Neigung (isoklinische) und gleicher Abweichung (isogonische). — Lage der Magnetpole; ihr vermuteter Zusammenhang mit den Kältepolen. — Wechsel aller magnetischen Erscheinungen des Erdkörpers. — Errichtung magnetischer Warten seit 1828; ein weitverbreitetes Netz magnetischer Stationen S. 126 bis 136 und Anm. 295—304. — Lichtentwickelung an den Magnetpolen; Erdlicht als Folge elektro-magnetischer Thätigkeit unseres Planeten. Höhe des Polarlichts. Ob das magnetische Gewitter mit Geräusch verbunden ist? Zusammenhang des Polarlichts (einer elektromagnetischen Lichtentwickelung) mit der Erzeugung von Cirruswölkchen. — Andere Beispiele irdischer Lichterzeugung S. 136—143 und Anm. S. 304—306.

b) Lebensthätigkeit des Planeten nach außen als Hauptquelle geognostischer Erscheinungen. Verkettung der bloß dynamischen Erschütterung oder Hebung ganzer Teile der Erdrinde mit stoffhaltigem Erguß und *Erzeugung* von gasförmigen und tropfbaren Flüssigkeiten, von heißem Schlamme, von geschmolzenen Erden, die als *Gebirgsarten* erhärten. Vulkanizität in der größten Allgemeinheit des Begriffs ist die Reaktion des Inneren eines Planeten gegen seine Oberfläche. — Erdbeben. Umfang der Erschütterungskreise und ihre allmähliche Erweiterung. — Ob Zusammenhang mit Veränderungen im tellurischen Magnetismus und Prozessen des Luftkreises. Getöse, unterirdischer Donner ohne fühlbare Erschütterung. Gebirgsmassen, welche die Fortpflanzung der Erschütterungswelle modifizieren. — Hebungen; Ausbrüche von Wasser, heißen Dämpfen, Schlamm, Mofetten, Rauch und Flammen während des Erdbebens S. 143—154 und Anm. S. 306—308.

c) Nähere Betrachtung von stoffartigen Produktionen als Folge innerer planetarischer Lebensthätigkeit. Es steigen aus dem Schoße der Erde hervor, durch Spalten und Ausbruchkegel: Luftarten, tropfbare Flüssigkeiten (rein oder gesäuert), Schlamm und geschmolzene Erden. — Die Vulkane sind eine Art intermittierender Quellen. Temperatur der Thermen; ihre Konstanz und Veränderung. Tiefe des Herdes S. 154—159 und Anm. S. 308—310. — Salsen, Schlammvulkane. Wenn feuerspeiende Berge als *Quellen geschmolzener Erden* vulkanische Gebirgsarten hervorbringen, so erzeugen dagegen *Quellwasser* durch Niederschlag Kalksteinschichten. Fortgesetzte Erzeugung von Sedimentgestein S. 159—160 und Anm. S. 310.

d) Mannigfaltigkeit der vulkanischen Hebungen. Domförmige ungeöffnete Trachytberge. — Eigentliche Vulkane, die aus Erhebungskratern oder zwischen den Trümmern ihrer ehemaligen Bildung hervortreten. — Permanente Verbindung des inneren Erdkörpers mit dem Luftkreise. Verhältnis gegen gewisse Gebirgsarten. Einfluß der Höhenverhältnisse auf die Frequenz der Ausbrüche. Höhe des Aschenkegels. Eigentümlichkeiten der Vulkane, welche sich über die

Schneegrenze erheben. — Aschen- und Feuersäulen. Vulkanische Gewitter während des Ausbruchs. Mineralische Zusammensetzung der Laven. S. 160—171 und Anm. S. 310—313. — Verteilung der Vulkane auf der Erdfläche; Central- und Reihenvulkane, Insel- und Küstenvulkane. Abstand der Vulkane von der Meeresküste. Erlöschen der vulkanischen Kräfte S. 171—176 und Anm. S. 313 bis 316.

e) Verhältnis der Vulkane zu der Natur der Gebirgsmassen; die vulkanischen Kräfte bilden neue Gebirgsarten und wandeln ältere um. Ihr Studium leitet auf Doppelwegen zu dem mineralogischen Teile der Geognosie (Lehre vom *Gewebe* und von der *Lage* der Erdschichten) und zur *Gestaltung* der über den Meeresspiegel gehobenen Kontinente und Inselgruppen (Lehre von der geographischen *Form* und den *Umrissen* der Erdteile). — Klassifikation der Gebirgsarten nach Maßgabe der Erscheinungen der *Bildung* und Umwandlung, welche noch jetzt unter unseren Augen vorgehen: Eruptionsgestein, Sedimentgestein, umgewandeltes (metamorphosiertes) Gestein, Konglomerate. — Die zusammengesetzten Gebirgsarten sind bestimmte Associationen von oryktognostisch einfachen Fossilien. — Vier Phasen der Bildungszustände: Eruptionsgestein, endogenes (Granit, Syenit, Porphyre, Grünsteine, Hypersthenfels, Euphotid, Melaphyr, Basalt und Phonolith); Sedimentgestein (silurische Schiefer, Steinkohlenablagerungen, Kalksteine, Travertino, Infusorienlager); umgewandeltes Gestein, das neben den Trümmern des Eruptions- und Sedimentgesteins auch Trümmer von Gneis, Glimmerschiefer und älteren metamorphischen Massen enthält; Aggregate und Sandsteinbildungen (Trümmergestein) S. 176—184 und Anm. S. 316—318. — Kontaktphänomene erläutert durch künstliche Nachbildung der Mineralien. Wirkungen des Drucks und der verschiedenen Schnelligkeit der Abkühlung. Entstehung des körnigen (salinischen) Marmors, Verkieselung der Schiefer zu Bandjaspis, Umwandelung der Kreidemergel durch Granit zu Glimmerschiefer; Dolomitisierung, Granitbildung in Thonschiefer bei Berührung mit Basalt und Doleritgestein. — Füllung der Gangmassen von unten. Prozesse der Cementierung in den Agglomeratbildungen. Reibungskonglomerate S. 184—194 und Anm. S. 318 bis 320. — Relatives Alter der Felsmassen. Chronometrik der Erdrinde. Versteinerungshaltige Schichten. — Relatives Alter der Organismen. Einfachheit der ersten Lebensformen? Abhängigkeit physiologischer Abstufungen von dem Alter der Formationen. — Geognostischer Horizont, dessen sorgfältige Verfolgung sichere Aufschlüsse gewährt über die Identität oder das relative Alter der Formationen, über die periodische Wiederkehr gewisser Schichten, ihren Parallelismus oder ihre gänzliche Suppression (Verkümmerung). — Typus der Sedimentgebilde in der größten Einfachheit seiner Verallgemeinerung aufgefaßt: silurische und devonische Schichten (die ehemals so genannten Uebergangsgebirge); die untere Trias

(Bergkalk, Steinkohlengebirge samt Totliegendem und Zechstein); die obere Trias (bunter Sandstein, Muschelkalk und Keuper); Jurakalk (Lias und Oolithen); Quadersandstein, untere und obere Kreide, als die letzte der Flözschichten, welche mit dem Bergkalk beginnen; Tertiärgebilde in drei Abteilungen, die durch Grobkalk, Braunkohle und Südapenninengerölle bezeichnet werden. — Faunen und Floren der Vorwelt, ihr Verhältnis zu den jetzigen Organismen. Riesenmäßige Knochen vorweltlicher Säugetiere im oberen Schuttlande — Vegetation der Vorwelt, Monumente der Pflanzengeschichte. Wo gewisse Pflanzengruppen ihr Maximum erreichen; Cykadeen in den Keuperschichten und der Lias, Koniferen im bunten Sandstein. Lignite und Braunkohlenschichten (Bernsteinbaum). — Ablagerung großer Felsblöcke, Zweifel über ihren Ursprung S. 194 bis 206 und Anm. S. 320—324.

f) Die Kenntnis der geognostischen Epochen, des länderbildenden und zertrümmernden Emporsteigens von Bergketten und Hochebenen leitet durch inneren Kausalzusammenhang auf die räumliche Verteilung der Feste und des Flüssigen, auf die Besonderheiten der Naturgestaltung der Erdoberfläche. — Jetziges Arealverhältnis des Starren zum Flüssigen sehr verschieden von dem, welches die für den physischen Teil der älteren Geographie entworfenen Karten darlegen. Wichtigkeit der Eruption der Quarzporphyre für die derzeitige Gestaltung der Kontinentalmassen. — Individuelle Gestaltung in horizontaler Ausdehnung (Gliederungsverhältnisse) und in senkrechter Erhebung (hypsometrischen Ansichten). — Einfluß der Arealverhältnisse von Land und Meer auf Temperatur, Windrichtung, Fülle oder Kargheit organischer Erzeugnisse, auf die Gesamtheit aller meteorologischen Prozesse. — Orientierung der größten Achsen der Kontinentalmasse. Gliederung, pyramidale Endigung gegen Süden, Reihe der Halbinseln. Thalbildung des atlantischen Ozeans. Formen, die sich wiederholen S. 206—213 und Anm. S. 324—325. — Abgesonderte Gebirgsglieder, Systeme der Bergketten und Mittel, ihr relatives Alter zu bestimmen. Versuche, den Schwerpunkt des Volums der jetzt über dem Meeresspiegel erhobenen Länder zu bestimmen. Die Hebung der Kontinente ist noch jetzt in langsamem Fortschreiten und an einzelnen Punkten durch bemerkbares Sinken kompensiert. Alle geognostischen Phänomene deuten auf periodischen Wechsel von Thätigkeit im Inneren unseres Planeten. Wahrscheinlichkeit neuer Faltungen S. 213—219 und Anm. S. 325—327.

g) Die starre Oberfläche der Erde hat zweierlei Umhüllungen: tropfbar-flüssige und luftförmige. Kontraste und Analogien, welche diese Umhüllungen, das Meer und die Atmosphäre, darbieten in Aggregat- und Elektrizitätszuständen, Strömungen und Temperaturverhältnissen. Tiefen des Ozeans und des Luftmeeres, dessen Untiefen unsere Hochländer und Bergketten sind. — Wärmegehalt des Meeres an der Oberfläche in verschiedenen Breiten und in den

unteren Schichten. Tendenz des Meeres wegen Verschiebbarkeit der Teile und Veränderung der Dichtigkeit, die Wärme seiner Oberfläche in den der Luft nächsten Schichten zu bewahren. Maximum der Dichtigkeit des salzigen Wassers. — Lage der Zonen der wärmsten Wasser und der am meisten gesalzenen. Thermischer Einfluß der unteren Polarströme wie der Gegenströme in den Meerengen S. 219—221 und Anm. S. 327—328. — Allgemeines Niveau der Meere und permanente örtliche Störungen des Gleichgewichts; periodische als Ebbe und Flut. Meeresströmungen: Aequatorial- oder Rotationsstrom; der atlantische warme Golfstrom und der ferne Impuls, den er empfängt; der kalte peruanische Strom in dem östlichen Teile des Stillen Meeres südlicher Zone. — Temperatur der Untiefen. — Allbelebtheit des Ozeans; Einfluß der kleinen submarinen Waldregion am Boden wurzelnder Tanggesträuche oder weitverbreiteter schwimmender Fukusbänke S. 221—227 und Anm. S. 328—329.

h) Die gasförmige Umhüllung unseres Planeten, das Luftmeer. — Chemische Zusammensetzung der Atmosphäre, Diaphanität, Polarisation, Druck, Temperatur, Feuchtigkeit und elektrische Spannung. — Verhältnis des Sauerstoffs zum Stickstoff; Kohlensäuregehalt; gekohlter Wasserstoff; Ammoniakaldämpfe. Miasmen. — Regelmäßige (stündliche) Veränderungen des Luftdruckes. Mittlere Barometerhöhe am Meere in verschiedenen Erdzonen. Isobarometrische Kurven. — Barometrische Windrosen; Drehungsgesetz der Winde und seine Wichtigkeit für die Kenntnis vieler meteorologischen Prozesse. Land- und Seewinde; Passate und Monsune S. 227 bis 233 und Anm. S. 329—330. — Klimatische Wärmeverteilung im Luftkreise als Wirkung der relativen Stellung der durchsichtigen und undurchsichtigen Massen (der flüssigen und festen Oberflächenräume) wie der hypsometrischen Konfiguration der Kontinente. — Krümmung der Isothermen in horizontaler und vertikaler Richtung, in der Ebene und in den übereinander gelagerten Luftschichten. Konvexe und konkave Scheitel der Isothermen. — Mittlere Wärme der Jahre, der Jahreszeiten, der Monate, der Tage. Aufzählung der Ursachen, welche Störungen in der Gestalt der Isothermen hervorbringen, d. h. ihre Abweichung von der Lage der geographischen Parallele bewirken. — Isochimenen und Isotheren, Linien gleicher Winter- und Sommerwärme. — Temperaturerhöhende und temperaturvermindernde Ursachen. Strahlung der Erdoberfläche nach Maßgabe ihrer Inklination, Farbe, Dichtigkeit, Dürre und chemischen Komposition. — Die Wolkenform, Verkündigerin dessen, was in der oberen Luft vorgeht, ist am heißen Sommerhimmel das „projizierte Bild" des wärmestrahlenden Bodens. — Kontrast zwischen dem Insel- oder Küstenklima, dessen alle vielgegliederte, busen- und halbinselreiche Kontinente genießen, und dem Klima des Inneren großer Ländermassen. Ost- und Westküsten. Unterschiede der südlichen und nördlichen Hemisphäre. — Thermische

Skalen der Kulturpflanzen, herabsteigend von Vanille, Kakao und Pisan bis zu Zitronen, Oelbaum und trinkbarem Wein. Einfluß, welchen diese Skalen auf die geographische Verbreitung der Kulturen ausüben. Das günstige Reifen und das Nichtreifen der Früchte wird wesentlich bedingt durch die Unterschiede der Wirkung des direkten und zerstreuten Lichtes bei heiterem und durch Nebel verschleiertem Himmel. — Allgemeine Angabe der Ursachen, welche dem größeren Teile von Europa, als der westlichen Halbinsel von Asien, ein milderes Klima verschaffen S. 233—241 und Anm. S. 330 bis 332. — Bestimmung der mittleren Temperaturveränderung der Jahres- oder Sommerwärme, welche dem Fortschreiten um 1^{0} geographischer Breite entspricht. Gleichheit der mittleren Temperatur einer Bergstation und der Polardistanz eines im Meeresspiegel gelegenen Punktes. — Abnahme der Temperatur mit der Höhe. Grenze des ewigen Schnees und Oszillation dieser Grenze. Ursachen der Störung in der Regelmäßigkeit des Phänomens; nördliche und südliche Himalayakette; Bewohnbarkeit der Hochebene von Tibet S. 242—245 und Anm. S. 332—333. — Dampfmenge des Luftkreises nach Stunden des Tages, nach den Jahreszeiten, Breitengraden und Höhen. Größte Trockenheit der Atmosphäre, beobachtet im nördlichen Asien zwischen den Flußgebieten des Irtysch und Obi. — Tau als Folge der Strahlung. Regenmenge S. 245 bis 247 und Anm. S. 333. — Elektrizität des Luftkreises und Störung der elektrischen Spannung. Geographische Verteilung der Gewitter. Vorherbestimmung atmosphärischer Veränderungen. Die wichtigsten klimatischen Störungen haben nicht eine örtliche Ursache in dem Beobachtungsorte selbst; sie sind Folge einer Begebenheit, welche in weiter Ferne das Gleichgewicht in den Luftströmungen aufgehoben hat, S. 247—251 und Anm. S. 333—334.

i) Die *physische Erdbeschreibung* ist nicht auf das elementare, *anorganische* Erdenleben beschränkt; zu einem höheren Standpunkte erhoben, umfaßt sie die Sphäre des *organischen Lebens* und der zahllosen Abstufungen seiner *typischen* Entwickelung. — Tier- und Pflanzenleben. Allbelebtheit der Natur in Meer und Land; mikroskopische Lebensformen zwischen dem Polareise, wie in den Tiefen des Ozeans zwischen den Wendekreisen. Erweiterung des Horizonts des Lebens durch Ehrenbergs Entdeckungen. — Schätzung der Masse (des Volums) der tierischen und vegetabilischen Organismen S. 251—256 und Anm. S. 334—336. (Die speziellen Temperaturverhältnisse der Weinkultur S. 331.) — *Geographie der Pflanzen und Tiere.* Wanderung der Organismen im Ei oder durch eigene bewegungskräftige Organe. Verbreitungssphären in Abhängigkeit klimatischer Verhältnisse. Vegetationsgebiete und Gruppierung der Tiergeschlechter. Einzeln und und gesellig lebende Pflanzen und Tiere. Der Charakter der Floren und Faunen ist nicht sowohl durch das Vorherrschen einzelner Familien unter gewissen Breiten als durch die viel komplizierteren

Verhältnisse des Zusammenlebens vieler Familien und den relativen Zahlenwert ihrer Arten bestimmt. Formen natürlicher Familien, welche vom Aequator nach den Polen hin ab- oder zunehmen. Untersuchungen über das Zahlenverhältnis, in welchem in verschiedenen Erdstrichen jede der großen Familien zu der ganzen daselbst wachsenden Masse der Phanerogamen steht, S. 256—259 und Anm. S. 336. — Das Menschengeschlecht in seinen physischen Abstufungen und in der geographischen Verbreitung seiner gleichzeitig vorhandenen Typen. Rassen, Abarten. Alle Menschenrassen sind Formen einer einzigen Art. Einheit des Menschengeschlechts. Sprachen, als geistige Schöpfungen der Menschheit, Teile der Naturkunde des Geistes, offenbaren eine nationelle Form; aber geschichtliche Ereignisse haben bewirkt, daß bei Völkern sehr verschiedener Abstammung sich Idiome desselben Sprachstammes finden S. 259—265 und Anm. S. 336—338.

Gesammelte Werke

von

Alexander von Humboldt.

Zweiter Band.

Kosmos II.

Stuttgart.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Kosmos.

Entwurf einer physischen Weltbeschreibung

von

Alexander von Humboldt.

Zweiter Band.

Stuttgart.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Druck von Gebrüder Kröner in Stuttgart.

Kosmos.

A.

Anregungsmittel zum Naturstudium.

Reflex der Außenwelt auf die Einbildungskraft: Dichterische Naturbeschreibung — Landschaftmalerei — Kultur exotischer Gewächse, den physiognomischen Charakter der Pflanzendecke auf der Erdoberfläche bezeichnend.

Wir treten aus dem Kreise der Objekte in den Kreis der Empfindungen. Die Hauptresultate der Beobachtung, wie sie, von der Phantasie entblößt, der reinen Objektivität wissenschaftlicher Naturbeschreibung angehören, sind, eng aneinander gereiht, in dem ersten Bande dieses Werkes, unter der Form eines Naturgemäldes, aufgestellt worden. Jetzt betrachten wir den Reflex des durch die äußeren Sinne empfangenen Bildes auf das Gefühl und die dichterisch gestimmte Einbildungskraft. Es eröffnet sich uns eine innere Welt. Wir durchforschen sie, nicht um in diesem Buche von der Natur zu ergründen — wie es von der Philosophie der Kunst gefordert wird —, was in der Möglichkeit ästhetischer Wirkungen dem Wesen der Gemütskräfte und den mannigfaltigen Richtungen geistiger Thätigkeit zukommt, sondern vielmehr um die Quelle lebendiger Anschauung, als Mittel zur Erhöhung eines reinen Naturgefühls, zu schildern, um den Ursachen nachzuspüren, welche, besonders in der neueren Zeit, durch Belebung der Einbildungskraft so mächtig auf die Liebe zum Naturstudium und auf den Hang zu fernen Reisen gewirkt haben.

Die Anregungsmittel sind, wie wir schon früher bemerkt haben, von dreierlei Art: ästhetische Behandlung von Naturszenen, in belebten Schilderungen der Tier- und Pflanzenwelt, ein sehr moderner Zweig der Litteratur; Landschaft

malerei, besonders insofern sie angefangen hat, die Physiognomik der Gewächse aufzufassen; mehr verbreitete Kultur von Tropengewächsen und kontrastierende Zusammenstellung exotischer Formen. Jedes der hier bezeichneten Anregungsmittel könnte schon seiner historischen Beziehungen wegen der Gegenstand vielumfassender Erörterung werden; aber nach dem Geiste und dem Zweck meiner Schrift scheint es geeigneter, nur wenige leitende Ideen zu entwickeln, daran zu erinnern, wie die Naturwelt in verschiedenen Zeitepochen und bei verschiedenen Volksstämmen so ganz anders auf die Gedanken- und Empfindungswelt eingewirkt hat, wie in einem Zustande allgemeiner Kultur das ernste Wissen und die zarteren Anregungen der Phantasie sich gegenseitig zu durchdringen streben. Um die Natur in ihrer ganzen erhabenen Größe zu schildern, darf man nicht bei den äußeren Erscheinungen allein verweilen; die Natur muß auch dargestellt werden, wie sie sich im Inneren des Menschen abspiegelt, wie sie durch diesen Reflex bald das Nebelland physischer Mythen mit anmutigen Gestalten füllt, bald den edlen Keim darstellender Kunstthätigkeit entfaltet.

Indem wir uns hier auf die einfache Betrachtung der Anregungsmittel zum wissenschaftlichen Naturstudium beschränken, erinnern wir zuerst an die mehrfach sich wiederholende Erfahrung, daß oft sinnliche Eindrücke und zufällig scheinende Umstände in jungen Gemütern die ganze Richtung eines Menschenlebens bestimmen. Kindliche Freude an der Form von Ländern und eingeschlossenen Meeren, wie sie auf Karten dargestellt sind; der Hang nach dem Anblick der südlichen Sternbilder, dessen unser Himmelsgewölbe entbehrt;[1] Abbildungen von Palmen und libanotischen Zedern in einer Bilderbibel können den frühesten Trieb nach Reisen in ferne Länder in die Seele pflanzen. Wäre es mir erlaubt, eigene Erinnerungen anzurufen, mich selbst zu befragen, was einer unvertilgbaren Sehnsucht nach der Tropengegend den ersten Anstoß gab, so müßte ich nennen: Georg Forsters Schilderungen der Südsee-Inseln; Gemälde von Hodges, die Gangesufer darstellend, im Hause von Warren Hastings zu London; einen kolossalen Drachenbaum in einem alten Turme des botanischen Gartens bei Berlin. Die Gegenstände, welche wir hier beispielsweise aufzählen, gehörten den drei Klassen von Anregungsmitteln an, die wir früher bezeichneten: der Naturbeschreibung, wie sie einer begeisterten Anschauung des Erden-

lebens entquillt, der darstellenden Kunst als Landschaftmalerei, und der unmittelbaren objektiven Betrachtung charakteristischer Naturformen. Diese Anregungsmittel üben aber ihre Macht nur da aus, wo der Zustand moderner Kultur und ein eigentümlicher Gang der Geistesentwickelung unter Begünstigung ursprünglicher Anlagen die Gemüter für Natureindrücke empfänglicher gemacht hat.

I.

Naturbeschreibung. — Naturgefühl nach Verschiedenheit der Zeiten und der Völkerstämme.

Es ist oftmals ausgesprochen worden, daß die Freude an der Natur, wenn auch dem Altertume nicht fremd, doch in ihm als Ausdruck des Gefühls sparsamer und minder lebhaft gewesen sei denn in der neueren Zeit. „Wenn man sich," sagt Schiller in seinen Betrachtungen über die naive und sentimentale Dichtung, „der schönen Natur erinnert, welche die alten Griechen umgab; wenn man nachdenkt, wie vertraut dieses Volk unter seinem glücklichen Himmel mit der freien Natur leben konnte, wie sehr viel näher seine Vorstellungsart, seine Empfindungsweise, seine Sitten der einfältigen Natur lagen und welch ein treuer Abdruck derselben seine Dichterwerke sind, so muß die Bemerkung befremden, daß man so wenig Spuren von dem sentimentalischen Interesse, mit welchem wir Neueren an Naturszenen und Naturcharakteren hangen können, bei denselben antrifft. Der Grieche ist zwar im höchsten Grade genau, treu, umständlich in Beschreibung derselben, aber mit nicht mehrerem Herzensanteil, als er es in der Beschreibung eines Gewandes, eines Schildes, einer Rüstung ist. Die Natur scheint mehr seinen Verstand als sein moralisches Gefühl zu interessieren; er hängt nicht mit Innigkeit und süßer Wehmut an derselben wie die Neueren." So viel Wahres und Vortreffliches auch im einzelnen in diesen Aeußerungen liegt, so können sie doch keineswegs auf das ganze Altertum ausgedehnt werden. Auch dürfen wir es wohl eine beschränkte Ansicht nennen, unter dem Altertum, wenn dasselbe der neueren Zeit entgegengesetzt werden soll, immer nur ausschließlich die hellenische und römische Welt zu verstehen. Tiefes Naturgefühl spricht sich in den ältesten Dichtungen der Hebräer

und Inder aus, also bei Volksstämmen sehr verschiedener, semitischer und indogermanischer Abkunft.

Wir können auf die Sinnesart der alten Völker nur aus den Aeußerungen der Naturgefühle schließen, welche in den Ueberbleibseln ihrer Litteratur ausgesprochen sind; wir müssen daher diesen Aeußerungen um so sorgfältiger nachspüren und sie um so vorsichtiger beurteilen, als sie sich unter den großen Formen der lyrischen und epischen Dichtung nur sparsam darbieten. In dem hellenischen Altertum, in dem Blütenalter der Menschheit, finden wir allerdings den zartesten Ausdruck tiefer Naturempfindung den dichterischen Darstellungen menschlicher Leidenschaft, einer der Sagengeschichte entnommenen Handlung beigemischt; aber das eigentlich Naturbeschreibende zeigt sich dann nur als ein Beiwerk, weil in der griechischen Kunstbildung sich alles gleichsam im Kreise der Menschheit bewegt.

Beschreibung der Natur in ihrer gestaltenreichen Mannigfaltigkeit, Naturdichtung als ein abgesonderter Zweig der Litteratur war den Griechen völlig fremd. Auch die Landschaft erscheint bei ihnen nur als Hintergrund eines Gemäldes, vor dem menschliche Gestalten sich bewegen. Leidenschaften in Thaten ausbrechend fesselten fast allein den Sinn. Ein bewegtes öffentliches Volksleben zog ab von der dumpfen, schwärmerischen Versenkung in das stille Treiben der Natur; ja den physischen Erscheinungen wurde immer eine Beziehung auf die Menschheit beigelegt, sei es in den Verhältnissen der äußeren Gestaltung oder der inneren anregenden Thatkraft. Fast nur solche Beziehungen machten die Naturbetrachtung würdig, unter der sinnigen Form des Gleichnisses, als abgesonderte kleine Gemälde voll objektiver Lebendigkeit in das Gebiet der Dichtung gezogen zu werden.

Zu Delphi wurden Frühlingspäane gesungen, wahrscheinlich bestimmt, die Freude des Menschen nach der überstandenen Not des Winters auszudrücken. Eine naturbeschreibende Darstellung des Winters ist den Werken und Tagen des Hesiodus (vielleicht von der fremden Hand eines späteren ionischen Rhapsoden?) eingewebt. In edler Einfachheit, aber in nüchtern didaktischer Form gibt dies Gedicht Anweisungen zum Feldbau, Erwerbs- und Arbeitsregeln, ethische Mahnungen zu tadellosem Wandel. Es erhebt sich ebenfalls zu mehr lyrischem Schwunge nur, wenn der Sänger das Elend des Menschengeschlechtes oder die schöne allegorische Mythe

des Epimethus und der Pandora in ein anthropomorphisches Gewand einhüllt. Auch in der Theogonie des Hesiodus, die aus sehr verschiedenen uralten Elementen zusammengesetzt ist, finden sich mehrfach, z. B. bei Aufzählung der Nereiden, [3] Naturschilderungen des neptunischen Reiches unter bedeutsamen Namen mythischer Personen versteckt. Die böotische Sängerschule und überhaupt die ganze alte Dichtkunst wenden sich den Erscheinungen der Außenwelt zu, um sie menschenartig zu personifizieren.

Ist, wie soeben bemerkt, Naturbeschreibung, sei sie Darstellung des Reichtums und der Ueppigkeit tropischer Vegetation, sei sie lebensfrische Schilderung der Sitten der Tiere, gleichsam nur in der neuesten Zeit ein abgesonderter Zweig der Litteratur geworden, so ist es nicht als habe da, wo so viel Sinnlichkeit atmet, die Empfänglichkeit für das Naturschöne gemangelt; als müsse man da, wo die schaffende Kraft der Hellenen in der Poesie und der bildenden Kunst unnachahmliche Meisterwerke erzeugte, den lebensfrischen Ausdruck einer anschauenden Dichternatur vermissen. Was wir, nach dieser Richtung hin, im Gefühl unserer modernen Sinnesart, in jenen Regionen der antiken Welt nur zu sparsam auffinden, bezeugt in seiner Negation weniger den Mangel der Empfänglichkeit als den eines regen Bedürfnisses, das Gefühl des Naturschönen durch Worte zu offenbaren. Minder der unbelebten Erscheinungswelt als dem handelnden Leben und der inneren, spontanen Anregung der Gefühle zugewandt, waren die frühesten und auch die edelsten Richtungen des dichterischen Geistes episch und lyrisch. In diesen Kunstformen aber könnten Naturschilderungen sich nur wie zufällig beigemischt finden. Sie erscheinen nicht als gesonderte Erzeugnisse der Phantasie. Je mehr der Einfluß der alten Welt verhallte, je mehr ihre Blüten dahin welkten, ergoß sich die Rhetorik in die beschreibende wie in die belehrende, didaktische Poesie. Diese war ernst, großartig und schmucklos in ihrer ältesten philosophischen, halb priesterlichen Form, als Naturgedicht des Empedokles; sie verlor allmählich durch die Rhetorik von ihrer Einfachheit und früheren Würde.

Möge es uns erlaubt sein, um das allgemein Gesagte zu erläutern, hier bei einzelnen Beispielen zu verweilen. Wie der Charakter des Epos es erheischt, finden sich in den Homerischen Gesängen immer nur als Beiwerk die anmutigsten Szenen des Naturlebens. „Der Hirte freut sich der Wind-

stille der Nacht, des reinen Aethers und des Sternenglanzes am Himmelsgewölbe; er vernimmt aus der Ferne das Toben des plötzlich angeschwollenen, Eichenstämme und trüben Schlamm fortreißenden Waldstromes." Mit der großartigen Schilderung der Waldeinsamkeit des Parnassos und seiner dunkeln, dichtbelaubten Felsthäler kontrastieren die heiter lieblichen Bilder des quellenreichen Pappelhaines in der Phäakeninsel Scheria, und vor allem das Land der Cyklopen, „wo schwellend von saftreichem wogendem Grase die Auen den ungepflegten Rebenhügel umgrenzen."[4] Pindaros besingt in einem Frühlingsdithyrambus, den er zu Athen hat aufführen lassen, „die mit neuen Blüten bedeckte Erde, wenn in der Argeischen Nemea der sich zuerst entwickelnde Sprößling des Palmbaumes dem Seher den anbrechenden, duftenden Frühling verkündigt"; er besingt den Aetna, „die Säule des Himmels, Nährerin dauernden Schnees"; aber eilend wendet er sich ab von der toten Natur und ihren Schauern, um Hieron von Syrakus zu feiern und die siegreichen Kämpfe der Hellenen gegen das mächtige Volk der Perser.

Vergessen wir nicht, daß die griechische Landschaft den eigentümlichen Reiz einer innigeren Verschmelzung des Starren und Flüssigen, des mit Pflanzen geschmückten oder malerisch felsigen, luftgefärbten Ufers und des wellenschlagenden, lichtwechselnden, klangvollen Meeres darbietet. Wenn anderen Völkern Meer und Land, das Erd- und Seeleben wie zwei getrennte Sphären der Natur erschienen sind, so ward dagegen den Hellenen, und nicht etwa bloß den Inselbewohnern, sondern auch den Stämmen des südlichen Festlandes, fast überall gleichzeitig der Anblick dessen, was im Kontakt und durch Wechselwirkung der Elemente dem Naturbilde seinen Reichtum und seine erhabene Größe verleiht. Wie hätten auch jene sinnigen, glücklich gestimmten Völker nicht sollen angeregt werden von der Gestalt waldbegrenzter Felsrippen an den tief eingeschnittenen Ufern des Mittelmeeres, von dem stillen nach Jahreszeit und Tagesstunden wechselnden Verkehr der Erdfläche mit den unteren Schichten des Luftkreises, von der Verteilung der vegetabilischen Gestalten? Wie sollte in dem Zeitalter, wo die dichterische Stimmung die höchste war, sich nicht jegliche Art lebendiger sinnlicher Regung des Gemütes in idealische Anschauung auflösen? Der Grieche dachte sich die Pflanzenwelt in mehrfacher mythischer Beziehung mit den Heroen und Göttern. Diese rächten

strafend eine Verletzung geheiligter Bäume und Kräuter. Die Einbildungskraft belebte gleichsam die vegetabilischen Gestalten; aber die Formen der Dichtungsarten, auf welche bei der Eigentümlichkeit griechischer Geistesentwickelung das Altertum sich beschränkte, gestatteten dem naturbeschreibenden Teile nur eine mäßige Entfaltung.

Einzeln bricht indes selbst bei den Tragikern mitten in dem Gewühl aufgeregter Leidenschaft und wehmütiger Gefühle ein tiefer Naturſinn in begeisterte Schilderungen der Landschaft aus. Wenn Oedipus sich dem Haine der Eumeniden naht, singt der Chor „den edeln Ruhesitz des glanzvollen Kolonos, wo die melodische Nachtigall gern einkehrt und in helltönenden Lauten klagt“; er singt „die grünende Nacht der Epheugebüsche, die von himmlischem Tau getränkten Narzissen, den goldstrahlenden Krokos und den unvertilgbaren, stets selber sich wiedererzeugenden Oelbaum“.[5] Indem Sophokles seinen Geburtsort, den Gau von Kolonos, zu verherrlichen strebt, stellt er die hohe Gestalt des schicksalverfolgten, herumirrenden Königs an die schlummerlosen Gewässer des Kephissos, von heiteren Bildern sanft umgeben. Die Ruhe der Natur vermehrt den Eindruck des Schmerzes, welchen die hehre Gestalt des Erblindeten, das Opfer verhängnisvoller Leidenschaft, hervorruft. Auch Euripides[6] gefällt sich in der malerischen Beschreibung von „Messeniens und Lakoniens Triften, die, unter dem ewig milden Himmel, durch tausend Quellenbrunnen genährt, von dem schönen Pamisos durchströmt werden“.

Die bukolische Dichtung, in den Gefilden von Sizilien entstanden und zum Dramatischen volkstümlich hingeneigt, führt mit Recht den Namen einer Uebergangsform. Sie schildert im kleinen Hirtenepos mehr den Naturmenschen als die Landschaft. So erscheint sie in ihrer anmutigsten Vollendung, in Theokrit. Ein weiches, elegisches Element ist übrigens dem Idyll eigen, gleichsam als wäre es „aus der Sehnsucht nach einem verlorenen Ideal“ entstanden, als sei immerdar in der Brust des Menschen dem tiefen Naturgefühl eine gewisse Wehmut beigemischt.

Wie nun mit dem freien Volksleben die Poesie in Hellas erstarb, wurde diese beschreibend, didaktisch, eine Trägerin des Wissens. Sternkunde, Erdbeschreibung, Jagd und Fischfang treten auf in der alexandrinischen Zeit als Gegenstände der Dichtkunst, oft geziert durch eine sehr vorzügliche metrische Technik. Die Gestalten und Sitten der Tierwelt werden mit

Anmut und oft mit einer Genauigkeit geschildert, daß die neuere klassifizierende Naturkunde Gattungen und selbst Arten in den Beschreibungen erkennen kann. Es fehlt aber allen diesen Dichtungsarten das innere Leben, eine begeisterte Anschauung der Natur, das, wodurch die Außenwelt dem angeregten Dichter fast unbewußt ein Gegenstand der Phantasie wird. Das Uebermaß des beschreibenden Elementes findet sich in den durch kunstreichen Versbau ausgezeichneten 48 Gesängen der Dionysiaca des Aegyptiers Nonnus. Der Dichter gefällt sich in der Darstellung großer Naturumwälzungen, er läßt durch ein vom Blitz entzündetes Waldufer im Flußbette des Hydaspes selbst die Fische verbrennen; er lehrt, wie aufsteigende Dämpfe den meteorologischen Prozeß des Gewitters und eines elektrischen Regens erzeugen. Zur romantischen Poesie hingeneigt, ist Nonnus von Panopolis wundersam ungleich, bald begeistert und anregend, bald langweilig und wortreich.

Mehr Naturgefühl und Zartheit der Empfindung offenbaren sich in einzelnen Teilen der griechischen Blumenlese (Anthologie), welche auf so verschiedenen Wegen und aus verschiedenen Zeiten zu uns gelangt ist. In der anmutigen Uebersetzung von Jacobs ist alles, was das Tier- und Pflanzenleben betrifft, in eine Abteilung vereinigt. Es sind kleine Bilder, meist nur Anspielungen auf individuelle Formen. Die Platane, welche „in ihrem Gezweige die mostschwellende Traube ernährt", und aus Kleinasien über die Insel des Diomedes erst unter Dionysius dem älteren bis zu den Ufern des sizilischen Anapus vordrang, wird vielleicht nur zu oft besungen; doch scheint im ganzen der antike Sinn in diesen Liedern und Epigrammen mehr der Tier- als der Pflanzenwelt zugewandt. Eine edle und zugleich etwas größere Komposition ist das Frühlingsidyllium des Meleager von Gadara in Cölesyrien. [7]

Schon des alten Rufes der Gegend wegen muß ich der Schilderung des Waldthales von Tempe erwähnen, welche Aelian [8] wahrscheinlich nach dem Vorbilde des Dicäarchus entworfen hat. Es ist das Ausführlichste, was uns von Naturbeschreibungen aus den griechischen Prosaikern erhalten ist, topographisch freilich, aber doch auch malerisch zugleich; denn das schattige Thal wird belebt durch den pythischen Aufzug (theoria), „welcher vom heiligen Lorbeer die sühnenden Zweige bricht". In der späten byzantinischen Zeit, seit

dem Ende des vierten Jahrhunderts, sehen wir landwirtschaftliche Schilderungen schon häufiger in die Romane der griechischen Prosaiker eingewebt. Durch diese Schilderungen zeichnet sich der Schäferroman des Longus aus, in welchem aber doch zarte Lebensbilder den Ausdruck der Naturgefühle weit übertreffen.

Es war nicht der Zweck dieser Blätter, mehr zu liefern, als was durch spezielle Erinnerung an einzelne Kunstformen die allgemeinen Betrachtungen über die dichterische Auffassung der Außenwelt zu erläutern vermag. Ich würde schon den Blütenkreis des hellenischen Altertums verlassen, wenn in einem Werke, dem ich gewagt, den Namen Kosmos vorzusetzen, mit Stillschweigen die Naturschilderung übergangen werden dürfte, mit der das pseudo-aristotelische Buch vom Kosmos (oder von der Weltordnung) anhebt. Es zeigt uns dieselbe „den Erdball mit üppigem Pflanzenwuchse geschmückt, reich bewässert und (als das Preiswürdigste) von denkenden Wesen bewohnt". Die rhetorische Färbung eines so reichen Naturbildes, der konzisen und rein wissenschaftlichen Darstellungsweise des Stagiriten völlig unähnlich, ist selbst als eines der vielen Zeichen der Unechtheit jener Schrift über den Kosmos erkannt worden. Mag sie immerhin dem Appulejus[9] oder dem Chrysippus oder wem sonst zugehören! Die naturbeschreibende Stelle, die wir als aristotelisch entbehren, wird uns gleichsam durch eine andere echte ersetzt, welche Cicero uns erhalten hat. Aus einem verlorenen Werke des Aristoteles führt dieser in wörtlicher Uebertragung[10] folgendes an: „Wenn es Wesen gäbe, die in den Tiefen der Erde immerfort in Wohnungen lebten, welche mit Statuen und Gemälden und allem dem verziert wären, was die für glücklich Gehaltenen in reicher Fülle besitzen; wenn dann diese Wesen Kunde erhielten von dem Walten und der Macht der Götter, und durch die geöffneten Erdspalten aus jenen verborgenen Sitzen herausträten an die Orte, die wir bewohnen; wenn sie urplötzlich Erde und Meer und das Himmelsgewölbe erblickten, den Umfang der Wolken und die Kraft der Winde erkennten, die Sonne bewunderten in ihrer Größe, Schönheit und lichtausströmenden Wirkung; wenn sie endlich, sobald die einbrechende Nacht die Erde in Finsternis hüllt, den Sternenhimmel, den lichtwechselnden Mond, den Auf- und Untergang der Gestirne und ihren von Ewigkeit her geordneten unveränderlichen Lauf erblickten, so würden

sie wahrlich aussprechen, es gebe Götter und so große Dinge seien ihr Werk." Man hat mit Recht gesagt, daß diese Worte allein schon hinreichen, Ciceros Ausspruch über „den goldenen Strom der aristotelischen Rede" zu bewähren, daß in ihnen etwas von der begeisternden Kraft des platonischen Genius weht. Ein solcher Beweis für das Dasein himmlischer Mächte aus der Schönheit und unendlichen Größe der Werke der Schöpfung steht in dem Altertum sehr vereinzelt da.

Was wir, ich sage nicht in der Empfänglichkeit des griechischen Volkes, sondern in den Richtungen seiner litterarischen Produktivität vermissen, ist noch sparsamer bei den Römern zu finden. Eine Nation, die nach alter sikulischer Sitte dem Feldbau und dem Landleben vorzugsweise zugethan war, hätte zu anderen Hoffnungen berechtigt; aber neben so vielen Anlagen zur praktischen Thätigkeit war der Volkscharakter der Römer in seinem kalten Ernste, in seiner abgemessenen, nüchternen Verständigkeit, sinnlich weniger erregbar, der alltäglichen Wirklichkeit mehr als einer idealisierenden dichterischen Naturanschauung hingegeben. Diese Unterschiede des inneren Lebens der Römer und der griechischen Stämme spiegeln sich ab in der Litteratur, als dem geistigen Ausdruck alles Volkssinnes. Zu ihnen gesellt sich noch, trotz der Verwandtschaft in der Abstammung, die anerkannte Verschiedenheit in dem organischen Bau der beiden Sprachen. Der Sprache des alten Latium wird mindere Bildsamkeit, eine beschränktere Wortfügung, „eine mehr realistische Tendenz" als idealistische Beweglichkeit zugeschrieben. Dazu konnte im augusteischen Zeitalter der entfremdende Hang, griechischen Vorbildern nachzustreben, den Ergießungen heimischer Gemütlichkeit und eines freien Naturgefühls hinderlich werden; aber, von Vaterlandsliebe getragen, wußten kräftige Geister durch schöpferische Individualität, durch Erhabenheit der Ideen, wie durch zarte Anmut der Darstellung jene Hindernisse zu überwinden.

Reichlich mit poetischem Genius ausgestattet ist das begeisterte Naturgedicht des Lucretius. Es umfaßt den ganzen Kosmos; dem Empedokles und Parmenides verwandt, erhöht die archaistische Diktion den Ernst der Darstellung. Die Poesie ist hier tief mit der Philosophie verwachsen, ohne deshalb in die „Frostigkeit" der Komposition zu verfallen, welche, gegen die phantasiereiche Naturansicht Platos abstechend, schon von dem Rhetor Menander in dem über die physischen Hymnen gefällten Urteil so bitter getadelt wird.[11] Mein Bruder hat

mit vielem Scharfsinn die auffallenden Analogieen und Verschiedenheiten entwickelt, welche aus der Verwachsung metaphysischer Abstraktionen mit der Poesie in den alten griechischen Lehrgedichten, in dem des Lucretius und in der Episode Bhagavad-Gita, aus dem indischen Epos Mahabharata [12] entstanden sind. Das große physische Weltgemälde des römischen Dichters kontrastiert in seiner erkältenden Atomistik und seinen oft wilden geognostischen Träumen mit seiner lebensfrischen Schilderung von dem Uebergange des Menschengeschlechtes aus dem Dickicht der Wälder zum Feldbau, zur Beherrschung der Naturkräfte, zur erhöhten Kultur des Geistes und also auch der Sprache zur bürgerlichen Gesittung.

Wenn bei einem Staatsmann, in einem bewegten und vielbeschäftigten Leben, in einem durch politische Leidenschaft aufgeregten Gemüte, lebendiges Naturgefühl und Liebe zu ländlicher Einsamkeit sich erhalten, so liegt die Quelle davon in den Tiefen eines großen und edlen Charakters. Ciceros eigene Schriften bezeugen die Wahrheit dieser Behauptung. Allerdings ist, wie allgemein bekannt, in dem Buche von den Gesetzen und in dem vom Redner manches dem Phädrus des Plato nachgebildet; das italische Naturbild hat aber darum nichts von seiner Individualität verloren. Plato preist in allgemeinen Zügen den „dunkeln Schatten der hochbelaubten Platane, die Kräuterfülle in vollem Dufte der Blüten, die Lüfte, welche süß und sommerlich in den Chor der Cikaden wehen". In Ciceros kleinem Naturbilde ist, wie noch neuerlichst ein sinniger Forscher [13] bemerkt hat, alles so dargestellt, wie man es heute noch in der wirklichen Landschaft wiederfindet. Den Liris sehen wir von hohen Pappeln beschattet; man erkennt, wenn man von dem steilen Berge hinter der alten Burg von Arpinum gegen Osten hinabsteigt, den Eichenhain am Bache Fibrenus; wie die Insel, jetzt Isola di Carnello genannt, welche durch die Teilung des Flüßchens entsteht und in die Cicero sich zurückzog, um, wie er sagt, „seinen Meditationen nachzuhangen, zu lesen oder zu schreiben". Arpinum am volskischen Gebirge war des großen Staatsmannes Geburtssitz, und die herrliche Umgebung hat gewiß auf seine Stimmung im Knabenalter gewirkt. Dem Menschen unbewußt gesellt sich früh, was die umgebende, mehr oder minder anregende Natur in der Seele abspiegelt, zu dem, was tief und frei in den ursprünglichen Anlagen, in den inneren geistigen Kräften gewurzelt ist.

Mitten unter den verhängnisvollen Stürmen des Jahres 708 (nach Erbauung der Stadt) fand Cicero Trost in seinen Villen, abwechselnd in Tusculum, in Arpinum, bei Cumä und Antium. „Nichts ist erfreulicher," schreibt er an Atticus, „als diese Einsamkeit; nichts anmutiger als dieser Landsitz, als das nahe Ufer und der Blick auf das Meer. — In der Einöde der Insel Astura, an der Mündung des gleichnamigen Flusses, am Ufer des tyrrhenischen Meeres, stört mich kein Mensch; und wenn ich mich frühmorgens in einem dichten und rauhen Wald verborgen halte, verlasse ich denselben vor Abend nicht. Nächst meinem Atticus ist mir nichts so lieb als die Einsamkeit; in ihr pflege ich meinen Verkehr mit den Wissenschaften, doch wird dieser oft durch Thränen unterbrochen. Ich kämpfe (als Vater) dagegen an, soviel ich es vermag; aber noch bin ich solch einem Kampfe nicht gewachsen." Man hat mehrfach bemerkt, daß in diesen Briefen und in denen des jüngeren Plinius Anklänge moderner Sentimentalität nicht zu verkennen seien. Ich finde darin nur Anklänge tiefer Gemütlichkeit, die in jedem Zeitalter, bei jedem Volksstamme aus dem schmerzlich beklommenen Busen emporsteigen.

Die Kenntnis der großen Dichterwerke des Virgil, des Horatius und des Tibullus ist mit der allgemeinen Verbreitung der römischen Litteratur so innigst verwebt, daß es überflüssig wäre, hier bei einzelnen Zeugnissen des zarten und immer regen Naturgefühls, das einige dieser Werke belebt, zu verweilen. In Virgils Nationalepos konnte nach der Natur dieser Dichtung die Beschreibung des Landschaftlichen allerdings nur als Beiwerk erscheinen und einen sehr kleinen Raum einnehmen. Individuelle Auffassung bestimmter Lokalitäten [14] bemerkt man nicht, wohl aber in mildem Farbenton ein inniges Verständnis der Natur. Wo ist das sanfte Spiel der Meereswogen, wo die Ruhe der Nacht glücklicher beschrieben? Wie kontrastieren mit diesen heiteren Bildern die kräftigen Darstellungen des einbrechenden Ungewitters im ersten Buche vom Landbau, der Meerfahrt und Landung bei den Strophaden, des Felsensturzes oder des flammensprühenden Aetnas in der Aeneis! Von Ovidius hätten wir als Frucht seines langen Aufenthaltes in den Ebenen von Tomi (in Untermösien) eine dichterische Naturbeschreibung der Steppen erwarten können, deren keine aus dem Altertum auf uns gekommen ist. Der Verbannte sah freilich nicht die Art von Steppen, welche im

Sommer mit vier bis sechs Fuß hohen, saftreichen Kräutern dicht bedeckt sind und bei jedem Windeshauch das anmutige Bild bewegter Blütenwellen darbieten; der Verbannungsort des Ovidius war ein ödes sumpfreiches Steppenland, und der gebrochene Geist des unmännlich Klagenden war mit Erinnerungen an die Genüsse der geselligen Welt, an die politischen Ereignisse in Rom, nicht mit der Anschauung der ihn umgebenden skythischen Einöde erfüllt. Als Ersatz hat uns der hochbegabte, jeder lebensfrischen Darstellung so mächtige Dichter neben den, freilich nur zu oft wiederholten, allgemeinen Schilderungen von Höhlen, Quellen und „stillen Mondnächten" eine überaus individualisierte, auch geognostisch wichtige Beschreibung des vulkanischen Ausbruches bei Methone, zwischen Epidaurus und Trözen, gegeben. Es ist dieser Beschreibung schon an einem anderen Orte, in dem Naturgemälde,[15] gedacht. Ovidius zeigt uns, „wie durch der eingezwängten Dämpfe Kraft der Boden gleich einer luftgefüllten Blase, gleich dem Fell des zweigehörnten Bockes anschwillt und sich als ein Hügel erhebt".

Am meisten ist zu bedauern, daß Tibullus keine große naturbeschreibende Komposition von individuellem Charakter hat hinterlassen können. Unter den Dichtern des augusteischen Zeitalters gehört er zu den wenigen, die, der alexandrinischen Gelehrsamkeit glücklicherweise fremd, der Einsamkeit und dem Landleben ergeben, gefühlvoll und darum einfach, aus eigener Quelle schöpften. Elegieen müssen freilich als Sittenbilder betrachtet werden, in welchen die Landschaft den Hintergrund bildet; aber die Feldweihe und die sechste Elegie des ersten Buches lehren, was von Horazens und Messalas Freund wäre zu erwarten gewesen.

Lucanus, der Enkel des Rhetors M. Annäus Seneca, ist diesem freilich durch rednerischen Schmuck der Diktion nur zu sehr verwandt; doch finden wir bei ihm ein vortreffliches und naturwahres Gemälde von der Zerstörung des Druidenwaldes an dem jetzt baumlosen Gestade von Marseille. Die gefällten Eichenstämme erhalten sich schwebend aneinander gelehnt; entblättert lassen sie den ersten Lichtstrahl in das schauervolle, heilige Dunkel dringen. Wer lange in den Wäldern der Neuen Welt gelebt, fühlt, wie lebendig mit wenigen Zügen der Dichter die Ueppigkeit eines Baumwuchses schildert, dessen riesenmäßige Reste noch in einigen Torfmooren von Frankreich begraben liegen. In dem didaktischen Gedichte Aetna

des Lucilius Junior, eines Freundes des L. Annäus Seneca, sind allerdings die Ausbruchserscheinungen eines Vulkans mit Wahrheit geschildert; aber die Auffassung ist ohne Individualität, mit viel minderer, als wir schon oben[16] an dem Aetna, dialogus, des jungen Bembo gerühmt haben.

Als endlich die Dichtkunst in ihren großen und edelsten Formen, wie erschöpft, dahinwelkte, seit der zweiten Hälfte des vierten Jahrhunderts, waren die poetischen Bestrebungen, vom Zauber schöpferischer Phantasie entblößt, auf die nüchternen Realitäten des Wissens und des Beschreibens gerichtet. Eine gewisse rednerische Ausbildung des Stils konnte nicht ersetzen, was an einfachem Naturgefühl und idealisierender Begeisterung abging. Als Erzeugnis dieser unfruchtbaren Zeit, in der das poetische Element nur wie ein zufälliger äußerer Schmuck des Gedankens erscheint, nennen wir das Mosel-gedicht des Ausonius. Im aquitanischen Gallien geboren, hatte der Dichter dem Feldzuge Valentinians gegen die Alemannen beigewohnt. Die Mosella, in dem alten Trier gedichtet, besingt in einzelnen Stellen[17] nicht ohne Anmut die schon damals rebenbepflanzten Hügel eines der schönsten Ströme unseres vaterländischen Bodens; aber die nüchterne Topographie des Landes, die Aufzählung der der Mosel zuströmenden Bäche, die Charakteristik der Fischgattungen in Gestalt, Farbe und Sitten sind Hauptgegenstände dieser ganz didaktischen Komposition.

In den römischen Prosaikern, unter denen wir schon oben einige denkwürdige Stellen des Cicero angeführt haben, sind Naturbeschreibungen ebenso selten als in den griechischen. Nur die großen Historiker Julius Cäsar, Livius und Tacitus bieten einzelne Beispiele dar, wo sie veranlaßt sind, Schlachtfelder, Uebergänge von Flüssen oder unwegbare Bergpässe zu beschreiben; da, wo sie das Bedürfnis fühlen, den Kampf der Menschen mit Naturhindernissen zu schildern. In den Annalen des Tacitus entzücken mich die Beschreibung der unglücklichen Schiffahrt des Germanicus auf der Ems (Amisia) und die großartige geographische Schilderung der Bergketten von Syrien und Palästina.[18] Curtius[19] hat uns ein schönes Naturbild von einer waldigen Wildnis hinterlassen, die das macedonische Heer westlich von Hekatompylos in dem feuchten Mazenderan durchziehen mußte. Ich würde desselben hier ausführlicher erwähnen, wenn man mit einiger Sicherheit unterscheiden könnte, was ein Schriftsteller, dessen Zeitalter

so ungewiß ist, aus seiner lebhaften Phantasie, was er aus historischen Quellen geschöpft hat.

Des großen encyklopädischen Werkes des älteren Plinius, dem an Reichtum des Inhalts kein anderes Werk des Altertums gleichkommt, wird späterhin, in der Geschichte der Weltanschauung, gedacht werden. Es ist, wie der Neffe (der jüngere Plinius) sich schön ausdrückt, „mannigfach wie die Natur". Ein Erzeugnis des unwiderstehlichen Hanges zu allumfassendem, oft unfleißigem Sammeln; im Stile ungleich, bald einfach und aufzählend, bald gedankenreich, lebendig und rhetorisch geschmückt ist die Naturgeschichte des älteren Plinius, schon ihrer Form wegen, an individuellen Naturschilderungen arm; aber überall, wo die Anschauung auf ein großartiges Zusammenwirken der Kräfte im Weltall, auf den wohlgeordneten Kosmos (Naturae majestas) gerichtet ist, kann eine wahre, aus dem Inneren quellende Begeisterung nicht verkannt werden. Das Werk hat auf das ganze Mittelalter mächtig nachgewirkt.

Als Beweise des Naturgefühls bei den Römern würden wir gern auch die anmutig gelegenen Villen auf dem Pincius, bei Tusculum und Tibur, am Vorgebirge Misenum, bei Puteoli und Bajä anführen, wenn sie nicht, wie die des Scaurus und Mäcenas, des Lucullus und des Hadrian, mit Prachtgebäuden überfüllt gewesen wären. Tempel, Theater und Rennbahnen wechselten ab mit Vogelhäusern und Gebäuden, der Zucht von Schnecken und Haselmäusen bestimmt. Seinen allerdings einfacheren Landsitz zu Liternum hatte der ältere Scipio festungsartig mit Türmen umgeben. Der Name eines Freundes des Augustus (Matius) ist uns aufbewahrt, weil er, Zwang und Unnatur liebend, zuerst die Sitte des Beschneidens der Bäume aufbrachte, um sie nach architektonischen und plastischen Vorbildern kunstmäßig umzuformen. Die Briefe des jüngeren Plinius liefern uns anmutige Beschreibungen zweier [2] seiner zahlreichen Villen (Laurentinum und Tuscum). Wenn man auch in beiden der Baulichkeiten, von beschnittenem Buxus umgeben, mehr zusammengedrängt findet, als nach unserem Naturgefühl zu wünschen wäre, so beweisen doch diese Schilderungen, wie die Nachahmung des Thales von Tempe in der tiburtinischen Villa des Hadrian, daß neben der Liebe zur Kunst, neben der ängstlichsten Sorgfalt für Behaglichkeit durch Stellung der Landhäuser nach Verhältnis zur Sonne und zu vorherrschenden Winden auch Liebe zu freiem Genuß

der Natur den römischen Stadtbewohnern nicht fremd war. Mit Freude setzen wir hinzu, daß dieser Genuß auf den Landgütern des Plinius durch den widrigen Anblick des Sklavenelendes minder gestört war. Der reiche Mann war nicht bloß einer der gelehrtesten seiner Zeit, er hatte auch, was im Altertum wenigstens selten ausgedrückt ist, rein menschliche Gefühle des Mitleids für die unfreien unteren Volksklassen. Auf den Villen des jüngeren Plinius gab es keine Fesseln; der Sklave als Landbauer vererbte frei, was er sich erworben.

Von dem ewigen Schnee der Alpen, wenn sie sich am Abend oder am frühen Morgen röten, von der Schönheit des blauen Gletschereises, von der großartigen Natur der schweizerischen Landschaft ist keine Schilderung aus dem Altertum auf uns gekommen, und doch gingen ununterbrochen Staatsmänner, Heerführer, und in ihrem Gefolge Litteraten durch Helvetien nach Gallien. Alle diese Reisenden wissen nur über die unfahrbaren scheußlichen Wege zu klagen; das Romantische der Naturszenen beschäftigte sie nie. Es ist sogar bekannt, daß Julius Cäsar, als er zu seinen Legionen nach Gallien zurückkehrte, die Zeit benutzte, um „während des Ueberganges über die Alpen“ eine grammatische Schrift de analogia anzufertigen.[21] Silius Italicus (er starb unter Trajan, wo die Schweiz schon sehr angebaut war) beschreibt die Alpengegend als eine schreckenerregende, vegetationslose Einöde, während er mit Liebe alle Felsenschluchten Italiens und die buschigen Ufer des Liris (Garigliano) besingt. Auffallend ist dabei, daß der wundersame Anblick gegliederter Basaltsäulen, wie das mittlere Frankreich, die Rheinufer und die Lombardei sie in vielfältigen Gruppen darbieten, die Römer zu keiner Beschreibung, ja nicht einmal zu einer Erwähnung angeregt hat.

Während die Gefühle abstarben, welche das klassische Altertum belebten und den Geist auf Handlung und Aeußerung menschlicher Thatkraft, nicht auf Zustände und Beschauung der Außenwelt leiteten, gewann eine neue Sinnesart Raum. Es verbreitete sich allmählich das Christentum; und wie dieses, selbst wo es als Staatsreligion auftrat, in der großen Angelegenheit der bürgerlichen Freiheit des Menschengeschlechtes für die niederen Volksklassen wohlthätig wirkte, so erweiterte es auch den Blick in die freie Natur. Das Auge haftete nicht mehr an den Gestalten der olympischen Götter; der Schöpfer (so lehren es die Kirchenväter in ihrer

kunstgerechten, oft dichterisch phantasiereichen Sprache) zeigt sich groß in der toten Natur wie in der lebendigen, im wilden Kampf der Elemente wie im stillen Treiben der organischen Entfaltung. Bei der allmählichen Auflösung der römischen Weltherrschaft verschwinden freilich nach und nach, in den Schriften jener traurigen Zeit, die schöpferische Kraft, die Einfachheit und Reinheit der Diktion; sie verschwinden zuerst in den lateinischen Ländern, später auch in dem griechischen Osten. Hang zur Einsamkeit, zu trübem Nachdenken, zu innerer Versenkung des Gemütes wird sichtbar; sie wirkt gleichzeitig auf die Sprache und auf die Färbung des Stiles.

Wenn sich auf einmal etwas Neues in den Gefühlen der Menschen zu entwickeln scheint, so kann fast immer ein früher, tiefliegender Keim wie vereinzelt aufgespürt werden. Die Weichheit des Mimnermos hat man oft eine sentimentale Richtung des Gemütes genannt. Die alte Welt ist nicht schroff von der neueren geschieden; aber Veränderungen in den religiösen Ahnungen der Menschheit, in den zartesten sittlichen Gefühlen, in der speziellen Lebensweise derer, welche Einfluß auf den Ideenkreis der Massen ausüben, machten plötzlich vorherrschend, was früher der Aufmerksamkeit entgehen mußte. Die christliche Richtung des Gemütes war die, aus der Weltordnung und aus der Schönheit der Natur die Größe und die Güte des Schöpfers zu beweisen. Eine solche Richtung, die Verherrlichung der Gottheit aus ihren Werken, veranlaßte den Hang nach Naturbeschreibungen. Die frühesten und ausführlichsten finden wir bei einem Zeitgenossen des Tertullianus und Philostratus, bei einem rhetorischen Sachwalter zu Rom, Minucius Felix, aus dem Anfang des dritten Jahrhunderts. Man folgt ihm gern im Dämmerlichte an den Strand bei Ostia, den er freilich malerischer und der Gesundheit zuträglicher schildert, als wir ihn jetzt finden. In dem religiösen Gespräch Octavius wird der neue Glaube gegen die Einwürfe eines heidnischen Freundes mutvoll verteidigt.

Es ist hier der Ort, aus den griechischen Kirchenvätern einige Naturschilderungen fragmentarisch einzuschalten, da sie meinen Lesern gewiß weniger bekannt sind, als was aus der römischen Litteratur uns die altitalische Liebe zum Landleben überliefert hat. Ich beginne mit einem Briefe Basilius des Großen, für den ich lange schon eine besondere Vorliebe hege. Aus Cäsarea in Kappadolien gebürtig, hatte Basilius, nicht

viel über dreißig Jahre alt, dem heiteren Leben zu Athen entsagt, auch schon die christlichen Einsiedeleien in Cölesyrien und Oberägypten besucht, als er sich nach Art der vorchristlichen Essener und Therapeuten in eine Wildnis am armenischen Flusse Iris zurückzog. Dort war sein zweiter Bruder [22] Naucratius nach fünfjährigem strengen Anachoretenleben beim Fischen ertrunken. „Ich glaube endlich," schreibt er an Gregorius von Nazianz, „das Ende meiner Wanderungen zu finden. Die Hoffnung, mich mit Dir zu vereinigen, ich sollte sagen, meine süßen Träume (denn mit Recht hat man Hoffnungen Träume des wachenden Menschen genannt), sind unerfüllt geblieben. Gott hat mich einen Ort finden lassen, wie er uns beiden oft in der Einbildungskraft vorgeschwebt. Was diese uns in weiter Ferne gezeigt, sehe ich jetzt vor mir. Ein hoher Berg, mit dichter Waldung bedeckt, ist gegen Norden von frischen, immerfließenden Wassern befeuchtet. Am Fuße des Berges dehnt sich eine weite Ebene hin, fruchtbar durch die Dämpfe, die sie benetzen. Der umgebende Wald, in welchem sich vielartige Bäume zusammendrängen, schließt mich ab wie in eine feste Burg. Die Einöde ist von zwei tiefen Thalschluchten begrenzt. Auf der einen Seite bildet der Fluß, wo er vom Berge schäumend herabstürzt, ein schwer zu überschreitendes Hindernis, auf der anderen verschließt ein breiter Bergrücken den Eingang. Meine Hütte ist auf dem Berggipfel so gelegen, daß ich die weite Ebene überschaue, wie den ganzen Lauf des Iris, welcher schöner und wasserreicher ist, als der Strymon bei Amphypolis. Der Fluß meiner Einöde, reißender als irgend einer, den ich kenne, bricht sich an der vorspringenden Felswand und wälzt sich schäumend in den Abgrund, dem Bergwanderer ein anmutiger, wundervoller Anblick, den Eingebornen nutzbar zu reichlichem Fischfang. Soll ich Dir beschreiben die befruchtenden Dämpfe, welche aus der (feuchten) Erde, die kühlen Lüfte, welche aus dem (bewegten) Wasserspiegel aufsteigen? Soll ich reden von dem lieblichen Gesang der Vögel und der Fülle blühender Kräuter? Was mich vor allem reizt, ist die stille Ruhe der Gegend. Sie wird bisweilen nur von Jägern besucht, denn meine Wildnis nährt Hirsche und Herden wilder Ziegen, nicht eure Bären und eure Wölfe. Wie möchte ich einen anderen Ort mit diesem vertauschen! Alkmäon, nachdem er die Echinaden gefunden, wollte nicht weiter umherirren." [23] Es sprechen sich in dieser einfachen Schilderung der Landschaft und des Waldlebens

Gefühle aus, welche sich mit der modernen Zeit inniger verschmelzen als alles, was uns aus dem griechischen und römischen Altertume überkommen ist. Von der einsamen Berghütte, in die Basilius sich zurückgezogen, senkt sich der Blick auf das feuchte Laubdach des tief liegenden Waldes. Der Ruhesitz, nach welchem er und sein Freund Gregorius von Nazianz [24] so lange sich gesehnt, ist endlich gefunden. Die dichterisch mythische Anspielung am Ende des Briefes erklingt wie eine Stimme, die aus einer anderen, früheren Welt in die christliche herüberschallt.

Auch des Basilius Homilien über das Hexaemeron zeugen von seinem Naturgefühl. Er beschreibt die Milde der ewig heiteren Nächte in Kleinasien, wo, wie er sich ausdrückt, die Sterne, „die ewigen Blüten des Himmels", den Geist des Menschen vom Sichtbaren zum Unsichtbaren erheben. [25] Wenn er in der Sage von der Weltschöpfung die „Schönheit des Meeres" preisen will, so beschreibt er den Anblick der grenzenlosen Fläche in ihren verschiedenen, wechselnden Zuständen, „wie sie, vom Hauch der Lüfte sanft bewegt, vielfarbig, bald weißes, bald blaues, bald rötliches Licht zurückwirft; wie sie die Küste liebkost in ihren friedlichen Spielen". Dieselbe sentimental-schwermütige, der Natur zugewandte Stimmung finden wir bei Gregorius von Nyssa, dem Bruder des Großen Basilius. „Wenn ich," ruft er aus, „jeden Felsenrücken, jeden Thalgrund, jede Ebene mit neuentsprossenem Grase bedeckt sehe, dann den mannigfaltigen Schmuck der Bäume und zu meinen Füßen die Lilien, doppelt von der Natur ausgestattet mit Wohlgeruch und Farbenreiz, wenn ich in der Ferne sehe das Meer, zu dem hin die wandelnde Wolke führt, so wird mein Gemüt von Schwermut ergriffen, die nicht ohne Wonne ist. Verschwinden dann im Herbste die Früchte, fallen die Blätter, starren die Aeste des Baumes, ihres Schmuckes beraubt, so versenken wir uns (bei dem ewig und regelmäßig wiederkehrenden Wechsel) in den Einklang der Wunderkräfte der Natur. Wer diese mit dem sinnigen Auge der Seele durchschaut, fühlt des Menschen Kleinheit bei der Größe des Weltalls." [26]

Leitete eine solche Verherrlichung Gottes in liebevoller Anschauung der Natur die christlichen Griechen zu dichterischen Naturschilderungen, so waren sie dabei auch immer, in den früheren Zeiten des neuen Glaubens, nach der Eigentümlichkeit ihrer Sinnesart, voll Verachtung aller Werke der mensch-

lichen Kunst. Chrysostomus sagt in unzähligen Stellen: „Siehst du schimmernde Gebäude, will dich der Anblick der Säulengänge verführen, so betrachte schnell das Himmelsgewölbe und die freien Felder, in welcher die Herden am Ufer der Seen weiden. Wer verachtet nicht alle Schöpfungen der Kunst, wenn er in der Stille des Herzens früh die aufgehende Sonne bewundert, indem sie ihr goldenes (krokosgelbes) Licht über den Erdkreis gießt, wenn er, an einer Quelle im tiefen Grase oder unter dem dunkeln Schatten dichtbelaubter Bäume ruhend, sein Auge weidet an der weiten dämmernd hinschwindenden Ferne!“ [27] Antiochien war damals von Einsiedeleien umgeben, und in einer derselben lebte Chrysostomus. Es war, als hätte die Beredsamkeit am Quell der Natur, in den damals waldigen Berggegenden von Syrien und Kleinasien ihr Element, die Freiheit, wiedergefunden.

Als aber in den späteren, aller Geisteskultur feindlichen Zeiten das Christentum sich unter germanische und keltische Volksstämme verbreitete, die vormals dem Naturdienst ergeben, in rohen Symbolen die erhaltenden und zerstörenden Mächte verehrten, wurde allmählich der nahe Umgang mit der Natur und das Aufspüren ihrer Kräfte, als zur Zauberei anregend, verdächtigt. Dieser Umgang schien ebenso gefahrbringend wie dem Tertullian, dem Clemens von Alexandrien und fast allen älteren Kirchenvätern die Pflege der plastischen Künste. In dem 12. und 13. Jahrhundert untersagten Kirchenversammlungen zu Tours (1163) und zu Paris (1209) den Mönchen das sündhafte Lesen physikalischer Schriften. [28] Erst durch Albert den Großen und Roger Bacon wurden die Geistesfesseln mutvoll gebrochen, wurde die „Natur entsündigt“ und in ihre alten Rechte eingesetzt.

Wir haben bisher die Kontraste geschildert, welche bei Griechen und Römern, in zwei so nahe miteinander verwandten Litteraturen, sich nach Verschiedenheit der Zeitepochen offenbarten. Aber nicht die Zeit allein, d. h. die Weltbegebenheiten, welche Regierungsform, Sitten und religiöse Anschauungen unaufhaltsam umwandeln, bringen die Kontraste in der Gefühlsweise hervor; noch auffallender sind die, welche die Stammverschiedenheit der Menschen und ihre geistigen Anlagen erzeugen. Wie ganz anders zeigen sich uns Lebendigkeit des Naturgefühls und dichterische Färbung der Naturschilderungen bei den Hellenen, den Germanen des Nordens, den semitischen Stämmen, den Persern und Indern! Es ist

eine vielfach geäußerte Meinung, daß bei den nordischen Völkern die Freude an der Natur eine alte Sehnsucht nach den anmutigen Gefilden von Italien und Griechenland, nach der wundervollen Ueppigkeit der Tropenvegetation hauptsächlich einer langen winterlichen Entbehrung alles Naturgenusses zuzuschreiben sei. Wir leugnen nicht, daß die Sehnsucht nach dem Palmenklima abnimmt, je nachdem man sich dem mittäglichen Frankreich oder der iberischen Halbinsel nähert; aber der jetzt so allgemein gebrauchte, auch ethnologisch richtige[29] Name *indogermanischer* Stämme sollte allein schon daran erinnern, daß man jenen Einflüssen des nordischen Winters nicht eine zu allgemeine Wirksamkeit zuschreiben müsse. Die überreiche dichterische Litteratur der Inder lehrt, daß zwischen den Wendekreisen und denselben nahe, südlich von der Himalayakette, immer grüne und immer blütenreiche Wälder die Einbildungskraft der *ostarischen Völker* von jeher lebhaft anregten; daß diese Völker sich zur naturbeschreibenden Poesie mehr noch hingeneigt fühlten, als die im unwirtbaren Norden bis Island verbreiteten echt germanischen Stämme. Eine Entbehrung oder wenigstens eine gewisse Unterbrechung des Naturgenusses ist aber auch den beglückteren Klimaten des südlichen Asiens eigen. Die Jahreszeiten sind schroff voneinander geschieden durch Wechsel von allbefruchtendem Regen und staubig verödender Dürre. In Persien (der westarischen Hochebene) dringt die pflanzenleere Wüste mannigfach busenförmig in die gesegnetsten Fruchtländer ein. Waldung bildet oft in Mittel- und Vorderasien das Ufer der weitgedehnten inneren Steppenmeere. So gewähren dem Bewohner jener heißen Klimate die räumlichen Verhältnisse des Bodens in horizontaler Richtung denselben Kontrast der Oede und des Pflanzenreichtums als in senkrechter Richtung die schneebedeckten Bergketten von Indien und Afghanistan. Großartige Kontraste der Jahreszeiten, der Vegetation und der Höhe sind aber überall, wo eine lebendige Naturanschauung mit der ganzen Kultur und den religiösen Ahnungen eines Volksstammes verwebt ist, die angrenzenden Elemente dichterischer Phantasie.

Freude an der Natur, dem beschaulichen Hang der germanischen Nationen eigentümlich, spricht sich in einem hohen Grade in den frühesten Gedichten des Mittelalters aus. Die ritterliche Poesie der Minnesänger in der hohenstaufischen Zeit gibt zahlreiche Beweise dafür. So mannigfaltige historische Berührungspunkte auch diese Poesie mit der romanischen der

Provençalen hat, ist doch das echt germanische Prinzip nie daran verkannt worden. Ein inniges, alles durchdringendes Naturgefühl leuchtet aus den germanischen Sitten und allen Einrichtungen des Lebens, ja aus dem Hange zur Freiheit hervor.[30] Viel in höfischen Kreisen lebend, ja oft aus ihnen entsprossen, blieben die wandernden Minnesänger mit der Natur in beständigem Verkehr. Es erhielt sich frisch in ihnen eine idyllische, oft elegische Gemütsstimmung. Um das zu würdigen, was eine solche Stimmung hervorgebracht, wende ich mich zu den Forschungen der tiefsten Kenner unseres deutschen Mittelalters, zu meinen edeln Freunden Jakob und Wilhelm Grimm. „Die vaterländischen Dichter jener Epoche," sagt der letztere, „haben sich nirgends einer abgesonderten Naturschilderung hingegeben, einer solchen, die kein anderes Ziel hat, als den Eindruck der Landschaft auf das Gemüt mit glänzenden Farben darzustellen. Der Sinn für die Natur fehlte den altdeutschen Meistern gewiß nicht, aber sie hinterließen uns keine andere Aeußerung dieses Sinnes als die, welche der Zusammenhang mit geschichtlichen Vorfällen oder mit den Empfindungen erlaubte, die in lyrische Gedichte ausströmten. Um mit dem Volksepos, den ältesten und wertvollsten Denkmälern, zu beginnen, so findet sich weder in den Nibelungen, noch in der Gudrun die Schilderung einer Naturszene, selbst da, wo dazu Veranlassung war. Bei der sonst umständlichen Beschreibung der Jagd, auf welcher Siegfried ermordet wird, geschieht nur Erwähnung der blumenreichen Heide und des kühlen Brunnens unter der Linde. In der Gudrun, die eine gewisse feinere Ausbildung zeigt, bricht der Sinn für die Natur etwas mehr durch. Als die Königstochter mit ihren Gefährten, zu niedrigem Sklavendienst gezwungen, die Gewänder ihrer grausamen Gebieter an das Ufer des Meeres trägt, wird die Zeit bezeichnet, wo der Winter sich eben gelöst und der Wettgesang der Vögel beginnt. Noch fallen Schnee und Regen herab, und das Haar der Jungfrauen wird vom rauhen Märzwinde gepeitscht. Als Gudrun, ihre Befreier erwartend, das Lager verläßt und nun das Meer beim Aufgang des Morgensterns zu schimmern beginnt, unterscheidet sie die dunkeln Helme und die Schilde der Freunde. Es sind wenige Worte, welche dies andeuten, aber sie geben ein anschauliches Bild, bestimmt, die Spannung vor einem wichtigen geschichtlichen Ereignis zu vermehren. Nicht anders macht es Homer, wenn er die Cyklopeninsel schildert

und die geordneten Gärten des Alcinous; er will anschaulich machen die üppige Fülle der Wildnis, in der die riesigen Ungeheuer leben, und den prächtigen Wohnsitz eines mächtigen Königs. Beide Dichter gehen nicht darauf aus, eine für sich bestehende Naturschilderung zu entwerfen.

„Dem schlichten Volksepos stehen die inhaltreichen Erzählungen der ritterlichen Dichter des 13. Jahrhunderts entgegen, die eine bewußte Kunst übten und unter welchen sich Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg im Beginn des Jahrhunderts so sehr hervorheben, daß man sie die großen und klassischen nennen kann. Aus ihren umfangreichen Werken würde man Beweise genug von tiefem Gefühl für die Natur, wie es zumal in Gleichnissen ausbricht, sammeln können; aber der Gedanke an unabhängige Naturschilderungen war auch ihnen fremd. Sie hemmten nicht den Fortschritt der Handlung, um bei der Betrachtung des ruhigen Lebens der Natur stille zu stehen. Wie verschieden davon sind die neueren dichterischen Kompositionen! Bernardin de St. Pierre braucht die Ereignisse nur als Rahmen für sein Gemälde. Die lyrischen Dichter des 13. Jahrhunderts, zumal wenn sie die Minne besingen (was sie nicht immer thun), reden oft genug von dem milden Mai, dem Gesang der Nachtigall, dem Tau, welcher an den Blüten der Heide glänzt, aber immer nur in Beziehung der Gefühle, die sich darin abspiegeln sollen. Um trauernde Stimmungen zu bezeichnen, wird der falben Blätter, der verstummenden Vögel, der in Schnee vergrabenen Saaten gedacht. Dieselben Gedanken, freilich schön und sehr verschiedenartig ausgedrückt, kehren unablässig wieder. Der seelenvolle Walther von der Vogelweide und der tiefsinnige Wolfram von Eschenbach, von dem wir leider nur wenige lyrische Gesänge besitzen, sind hier als glänzende Beispiele aufzuführen.

„Die Frage, ob der Kontakt mit dem südlichen Italien, oder durch die Kreuzzüge mit Kleinasien, Syrien und Palästina die deutsche Dichtkunst nicht mit neuen Naturbildern bereichert habe? kann im allgemeinen nur verneint werden. Man bemerkt nicht, daß die Bekanntschaft mit dem Orient dem Minnegesang eine andere Richtung gegeben habe. Die Kreuzfahrer kamen wenig in nahe Verbindung mit den Sarazenen; ja sie lebten selbst mit anderen Völkern, die für dieselbe Sache kämpften, in großer Spannung. Einer der ältesten lyrischen Dichter war Friedrich von Hausen. Er kam in dem Heere

Barbarossas um. Seine Lieder enthalten vielfache Beziehungen auf die Kreuzfahrt, aber sie drücken nur religiöse Ansichten aus oder den Schmerz, sich von der Geliebten getrennt zu sehen. Von dem Lande fanden er und alle, die an den Kreuzzügen teilnahmen, wie Reinmar der Alte, Rubin Neidhart und Ulrich von Lichtenstein, nicht Veranlassung, etwas zu sagen. Reinmar kam als Pilgrim nach Syrien, wie es scheint, im Gefolge Herzog Leopolds VI. von Oesterreich. Er klagt, daß die Gedanken an die Heimat ihn nicht loslassen und ihn von Gott abziehen. Die Dattelpalme wird hier einigemal genannt, wo der Palmenzweige gedacht ist, welche fromme Pilger auf der Schulter tragen sollen. Ich erinnere mich auch nicht, daß die herrliche Natur Italiens die Phantasie der Minnesänger angeregt habe, welche die Alpen überstiegen. Walther von der Vogelweide, der weit umhergezogen, hatte nur den Po gesehen; aber Freidank war [31] in Rom. Er bemerkt bloß, daß in den Palästen derer, welche sonst dort herrschten, Gras wachse."

Das deutsche Tierepos, welches nicht mit der Tierfabel des Orients verwechselt werden darf, ist aus einem Zusammenleben mit der Tierwelt entstanden, ohne die Absicht zu haben, diese darzustellen. Das Tierepos, welches Jakob Grimm in der Einleitung zu seiner Ausgabe des Reinhart Fuchs so meisterhaft behandelt, bezeigt eine innige Freude an der Natur. Die nicht an den Boden gefesselten, mit Stimmen begabten, leidenschaftlich aufgeregten Tiere kontrastieren mit dem Stillleben der schweigsamen Pflanzen. Sie sind ein immerdar thätiges, die Landschaft belebendes Prinzip. „Die alte Poesie betrachtet das Naturleben gern mit menschlichem Auge, sie leiht den Tieren und bisweilen selbst den Pflanzen Sinn und Empfindungen des Menschen, indem sie phantasiereich und kindlich alles Wahrgenommene in Gestalt und Trieben zu deuten weiß. Kräuter und Blumen sind von Göttern und Helden gepflückt und gebraucht worden, sie führen dann nach ihnen den Namen. Man fühlt, daß wie ein alter Waldgeruch uns aus dem deutschen Tiergedicht anwehe."

An die Denkmäler germanischer Naturdichtung hätte man vormals geneigt sein können, Reste keltisch-irischer Dichtung anzuschließen, die ein halbes Jahrhundert lang unter dem Namen Ossians wie Nebelgestalten von Volk zu Volk gewandelt sind; aber der Zauber ist verschwunden, seitdem des talentvollen Macphersons litterarisches Benehmen durch die Heraus-

gabe des von ihm geschmiedeten gallischen Urtextes (einer Rückübertragung des englischen Werkes) vollkommen aufgedeckt worden ist. Es gibt altirische Fingallieder, unter dem Namen der finnianischen aufgezeichnet, aus christlicher Zeit, vielleicht nicht einmal bis zu der des achten Jahrhunderts hinaufreichend; aber diese Volksgesänge enthalten wenig von den sentimentalen Naturschilderungen, welche den Macphersonschen besonderen Reiz geben. [32]

Wir haben schon oben bemerkt, daß, wenn sentimental romantische Anregungen der Gefühle dem indogermanischen Menschenstamme des nördlichen Europas in einem hohen Grade eigentümlich sind, man diese Erscheinung nicht allein als Folge des Klimas, d. h. der durch lange Entbehrung gesteigerten Sehnsucht, betrachten darf. Wir haben erinnert, wie die indische und persische Litteratur, unter der Glut des südlichen Himmels entwickelt, die reizendsten Schilderungen liefert sowohl der organischen als der toten elementarischen Natur, des Ueberganges der Dürre zum tropischen Regen, der Erscheinung des ersten Gewölkes im tiefen Blau der reinen Lüfte, wenn die langersehnten etesischen Winde in dem gefiederten Laube der Palmengipfel allmählich zu rauschen beginnen.

Es ist hier der Ort, etwas tiefer in das Gebiet der Naturschilderung einzudringen. „Denken wir uns," sagt Lassen in seiner vortrefflichen indischen Altertumskunde, „einen Teil des arischen Stammes aus seinem Ursitz, dem Nordwestlande, nach Indien eingewandert, so fand sich derselbe dort von einer ganz neuen, wundervoll reichen Natur umgeben. Die Milde des Klimas, die Fruchtbarkeit des Bodens, seine freigebige Fülle an herrlichen Gaben mußten dem neuen Leben eine heitere Farbe mitteilen. Bei den ursprünglichen herrlichen Anlagen des arischen Volkes, bei dem Besitze einer höheren Ausstattung des Geistes, in der alles Erhabene und Große, das von den Indern ausgeführt ist, wie in einem Keime wurzelt, erzeugte früh die Anschauung der Außenwelt ein tiefes Nachdenken über die Kräfte der Natur, ein Nachdenken, welches die Grundlage der kontemplativen Richtung ist, die wir innigst mit der ältesten Poesie der Inder verwebt finden. Ein so allbeherrschender Eindruck, welchen die Natur auf das Bewußtsein des Volkes gemacht, bethätigt sich am deutlichsten in seiner religiösen Grundansicht, in der Erkenntnis des Göttlichen in der Natur. Die sorgenlose Leichtigkeit des äußeren Daseins kam einer kontemplativen Richtung fördernd entgegen.

Wer konnte sich ungestörter und inniger der Betrachtung hingeben, nachsinnen über das irdische Leben, den Zustand des Menschen nach dem Tode, über das Wesen des Göttlichen, als die indischen Büßer, die waldbewohnenden Brahmanen? [33] deren alte Schulen eine der eigentümlichsten Erscheinungen des indischen Lebens bilden und auf die geistige Entwickelung des ganzen Stammes einen wesentlichen Einfluß ausgeübt haben."

Soll ich hier, wie ich, von meinem Bruder und anderen Sanskritkundigen geleitet, in meinen öffentlichen Vorlesungen gethan, einzeln an das erinnern, was ein lebendiges und häufig ausbrechendes Naturgefühl in die beschreibenden Teile der indischen Poesie eingewebt hat, so beginne ich mit den Veden, dem ersten und heiligsten Denkmale der Kultur ostarischer Völker. Ihr Hauptgegenstand ist die Verehrung der Natur. Reizende Schilderungen der Morgenröte und des Anblicks der „goldhändigen" Sonne enthalten die Hymnen des Rigveda. Die großen Heldengedichte Ramayana und Mahabharata sind jünger als die Veden, älter als die Puranen. In den epischen Schöpfungen ist ihrem Wesen nach die Verherrlichung der Natur an die Sage geknüpft. Wenn in den Veden sich selten örtlich die Szene angeben läßt, welche die heiligen Weisen begeisterte, so sind dagegen in den Heldengedichten die Naturschilderungen meist individuell und an bestimmte Lokalitäten gebunden, daher, was hauptsächlich Leben gibt, aus selbstempfangenen Eindrücken geschöpft. Von reicher Färbung ist die Reise Ramas von Ayodhya nach der Residenzstadt Dschanakas, sein Leben im Urwalde, das Bild von dem Einsiedlerleben der Panduiden.

Der Name Kalisadas ist vielfach und früh unter den westlichen Völkern gefeiert worden. Der große Dichter glänzte an dem hochgebildeten Hofe des Vikramaditya, also gleichzeitig mit Virgil und Horaz. Die englischen und deutschen Uebersetzungen der Sakuntala haben die Bewunderung angeregt, welche dem Kalisada in so reichem Maße gezollt worden ist. [34] Zartheit der Empfindungen und Reichtum schöpferischer Phantasie weisen ihm seinen hohen Rang unter den Dichtern aller Nationen an. Den Reiz seiner Naturschilderungen bezeugen das liebliche Drama Vikrama und Urvasi, wo der König im Dickicht der Wälder umherirrt, um die Nymphe Urvasi zu suchen; das Gedicht der Jahreszeiten und der Wolkenbote (Meghaduta). Mit bewundernswürdiger Naturwahrheit ist

in diesem die Freude geschildert, mit welcher nach langer tropischer Dürre die erste Erscheinung eines aufsteigenden Gewölkes als Anzeige der nahen Regenzeit begrüßt wird. Der Ausdruck Naturwahrheit, dessen ich mich eben bedient habe, kann allein die Kühnheit rechtfertigen, neben dem indischen Wolkenboten an ein Naturbild von dem Eintritt der Regenzeit zu erinnern, das ich in Südamerika zu einer Epoche entworfen, wo Kalidasas Meghaduta mir auch nicht einmal aus Chézys Uebersetzung bekannt sein konnte. Die geheimnisvollen meteorologischen Prozesse, welche im Luftkreise vorgehen, in Dunstbildung, Wolkengestalt und leuchtenden elektrischen Erscheinungen, sind zwischen den Wendekreisen dieselben in beiden Kontinenten; und die idealisierende Kunst, deren Beruf es ist, die Wirklichkeit zu einem Bilde zu erheben, würde nicht von ihrem Zauber verlieren, wenn es dem zergliedernden Beobachtungsgeiste späterer Jahrhunderte glückte, die Naturwahrheit einer alten, nur beschauenden Dichtung zu bekräftigen.

Von den Ostariern, den brahmanischen Indern, und der entschiedenen Richtung ihres Sinnes auf die malerische Schönheit der Natur [35] gehen wir zu den Westariern, den Persern, über, welche sich im nördlicheren Zendlande getrennt hatten, und ursprünglich einer geistigen Verehrung der Natur neben der dualistischen Anschauung [36] von Ahriman und Ormuzd zugethan waren. Was wir persische Litteratur nennen, steigt nur in die Zeit der Sassaniden hinauf; die ältesten Denkmale der Dichtung sind untergegangen. Erst nachdem das Land von den Arabern unterjocht und sich selbst entfremdet war, erhielt es wieder eine Nationallitteratur unter den Samaniden, Gaznewiden und Seldschukken. Der Flor der Poesie von Firdusi bis Hafiz und Dschami dauerte kaum vier- bis fünfhundert Jahre; er reicht fast nur bis zur Schiffahrt von Vasco de Gama. Wenn wir dem Naturgefühl bei Indern und Persern nachspüren, so dürfen wir nicht vergessen, daß beide Völker, nach dem Maß ihrer Bildung betrachtet, gleichmäßig durch Zeit und Raum voneinander getrennt erscheinen. Die persische Litteratur gehört dem Mittelalter, die große indische im eigentlichsten Sinne dem Altertume zu. Die Natur im iranischen Hochlande hat nicht die Ueppigkeit der Baumvegetation, die wundersame Mannigfaltigkeit von Gestalt und Farbe der Gewächse, welche den Boden von Hindostan schmücken. Die Vindhyakette, lange die Grenzscheide der ostarischen

Völker, fällt noch in die Tropenzone, während ganz Persien jenseits des Wendekreises liegt, ja die persische Dichtung teilweise sogar dem nördlichen Boden von Balkh und Fergana zugehört. Die von den persischen Dichtern gefeierten vier Paradiese waren das anmutige Thal von Soghd bei Samarkand, Maschanrud bei Hamadan, Scha'abi Bowan bei Kal'eh Sofid in Fars, und Ghute, die Ebene von Damaskus. Beiden, Iran und Turan, fehlt indes die Waldnatur und mit ihr das Einsiedlerleben des Waldes, welche beide so mächtig auf die Einbildungskraft der indischen Dichter gewirkt haben. Gärten, durch springende Wasser erfrischt, mit Rosengebüsch und Fruchtbäumen gefüllt, ersetzen nicht die wilden, großartigen Naturszenen von Hindostan. Kein Wunder daher, daß die beschreibende Poesie minder lebensfrisch, oft nüchtern und von gekünstelter Zierlichkeit ist. Wenn nach dem Sinne der Eingebornen das höchste Lob dem gezollt wird, was wir durch die Worte Geist und Witz bezeichnen, so muß die Bewunderung sich auf die Fruchtbarkeit der persischen Dichter, auf die unabsehbare Mannigfaltigkeit der Formen beschränken, unter welchen sie denselben Stoff zu behandeln wissen; Tiefe und Innigkeit der Gefühle werden vermißt.

Auch die Schilderung der Landschaft unterbricht nur selten die Erzählung in dem Nationalepos oder geschichtlichen Heldenbuche des Firdusi. Besonders anmutig und von idealer Wahrheit, die Milde des Klimas und Kraft der Vegetation beschreibend, scheint mir das Lob des Küstenlandes Mazenderan im Munde eines wandernden Sängers. Der König Kei Kawus wird durch dies Lob zu einem Zuge nach dem Kaspischen Meere und zu einer neuen Eroberung angereizt. Die Frühlingsgedichte von Enweri, Dschelal-eddin Rumi, Adhab und des halbindischen Feisi (der zweite gilt für den größten mystischen Dichter des Orients) atmen ein frisches Leben, da wo der kleinliche Drang nach spielenden Gleichnissen den Genuß nicht unbehaglich stört.[37] Sadi im Bostan und Gulistan (Frucht- und Rosengarten), Hafiz, dessen fröhliche Lebensphilosophie man mit der des Horaz verglichen hat, bezeichnen, wie Joseph von Hammer in seinem großen Werke über die Geschichte der persischen Dichtung sich ausdrückt, der erste ein Zeitalter der Sittenlehre, der zweite als Minnesänger den höchsten Schwung der Lyrik; aber Schwulst und Ziererei verunstalten oft die Schilderung der Natur.[38] Der Lieblingsgegenstand der persischen Dichtung, „die Liebe der Nachtigall und der Rose", kehrt immer ermüdend

wieder, und in den konventionellen Künsteleien der Blumensprache erstirbt im Morgenlande das innere Naturgefühl.

Wenn wir von dem iranischen Hochlande durch Turan (im Zend Tûirja)[29] nordwärts in die Europa und Asien scheidende Uralkette übergehen, so gelangen wir zu dem Ursitze des finnischen Stammes; denn der Ural ist ein altfinnisches, wie der Altai ein alttürkisches Land. Bei den finnischen Stämmen nun, die sich weit in Westen auf europäischem Boden in der Niederung angesiedelt, hat aus dem Munde der Karelier und der Landleute von Olonez Elias Lönnrot eine große Zahl finnischer Lieder gesammelt, in denen nach dem Ausdruck von Jakob Grimm „ein reges sinniges Naturgefühl waltet, wie es fast nur in indischen Dichtungen angetroffen wird". Ein altes Epos von fast dreitausend Versen dreht sich um den Kampf zwischen Finnen und Lappen und um die Schicksale eines göttlichen Helden, der Väino genannt wird. Es enthält das Epos eine anmutvolle Beschreibung des finnischen Landlebens, besonders da, wo die Frau des Eisenschmieds Ilmarinen ihre Herden in die Wälder sendet und Gebete zum Schutze der Tiere spricht. Wenige Völkerstämme bieten in ihrer Geistesbildung und in der Richtung ihrer Gefühle, wie sie durch entartende Knechtschaft, oder kriegerische Wildheit, oder ausdauerndes Streben nach politischer Freiheit bestimmt worden ist, mannigfaltigere und wundersamere Abstufungen dar als der finnische Stamm in seinen sprachverwandten Unterabteilungen. Wir erinnern an jene, jetzt so friedlichen Landleute, bei denen das Epos aufgefunden worden, an die lange mit Mongolen verwechselten weltstürmenden Hunnen, und an ein großes und edles Volk, die Magyaren.

Bei der Betrachtung dessen, was in der Lebendigkeit des Naturgefühls und der Form seiner Aeußerungen von der Verschiedenheit der Rassen, von dem eigentümlichen Einflusse der Gestaltung des Bodens, von der Staatsverfassung und der religiösen Stimmung abzuhängen scheint, bleibt uns übrig, einen Blick auf die Völker Asiens zu werfen, welche mit den arischen oder indogermanischen Stämmen, den Indern und Persern, am meisten kontrastieren. Die semitischen oder aramäischen Nationen zeigen uns in den ältesten und ehrwürdigsten Denkmälern ihrer dichterischen Gemütsart und schaffenden Phantasie Beweise eines tiefen Naturgefühls. Der Ausdruck desselben offenbart sich großartig und belebend in

Hirtensagen, in Tempel- und Chorgesängen, in dem Glanz der lyrischen Poesie unter David, in der Seher- und Prophetenschule, deren hohe Begeisterung der Vergangenheit fast entfremdet, ahnungsvoll auf die Zukunft gerichtet ist.

Die hebräische Dichtungsweise bietet den Bewohnern des Abendlandes bei ihrer inneren, erhabenen Größe noch den besonderen Reiz, daß sie mit den lokalen Glaubenserinnerungen der Anhänger von drei weitverbreiteten Religionen, der mosaischen, christlichen und mohammedanischen, vielfach verwebt ist. Durch Missionen, welche der Handelsgeist und die Eroberungssucht schiffahrender Nationen begünstigen, sind geographische Namen und Naturschilderungen des Morgenlandes, wie sie die Schriften des alten Bundes uns aufbewahrt, tief in die Wälder der Neuen Welt und die Inseln der Südsee eingedrungen.

Es ist ein charakteristisches Kennzeichen der Naturpoesie der Hebräer, daß, als Reflex des Monotheismus, sie stets das Ganze des Weltalls in seiner Einheit umfaßt, sowohl das Erdenleben als die leuchtenden Himmelsräume. Sie weilt seltener bei dem Einzelnen der Erscheinung, sondern erfreut sich der Anschauung großer Massen. Die Natur wird nicht geschildert als ein für sich Bestehendes, durch eigene Schönheit Verherrlichtes; dem hebräischen Sänger erscheint sie immer in Beziehung auf eine höher waltende geistige Macht. Die Natur ist ihm ein Geschaffenes, Angeordnetes, der lebendige Ausdruck der Allgegenwart Gottes in den Werken der Sinnenwelt. Deshalb ist die lyrische Dichtung der Hebräer schon ihrem Inhalte nach großartig und von feierlichem Ernst; sie ist trübe und sehnsuchtsvoll, wenn sie die irdischen Zustände der Menschheit berührt. Bemerkenswert ist auch noch, daß diese Poesie trotz ihrer Größe, selbst im Schwunge der höchsten, durch Zauber der Musik hervorgerufenen Begeisterung, fast nie maßlos wie die indische Dichtung wird. Der reinen Anschauung des Göttlichen hingegeben, sinnbildlich in der Sprache, aber klar und einfach in den Gedanken, gefällt sie sich in Gleichnissen, die fast rhythmisch, immer dieselben, wieder kehren.

Als Naturbeschreibungen sind die Schriften des alten Bundes eine treue Abspiegelung der Beschaffenheit des Landes, in welchem das Volk sich bewegte, der Abwechselung von Oede, Fruchtbarkeit und libanotischer Waldbedeckung, die der Boden von Palästina darbietet. Sie schildern die Verhältnisse des Klimas in geregelter Zeitfolge, die Sitten der Hirtenvölker

und deren angestammte Abneigung gegen den Feldbau. Die epischen oder historischen Darstellungen sind von naiver Einfachheit, fast noch schmuckloser als Herodot, naturwahr, wie, bei so geringer Umwandlung der Sitten und aller Verhältnisse des Nomadenlebens, die neueren Reisenden einstimmig es bezeugen. Geschmückter aber und ein reiches Naturleben entfaltend ist die Lyrik der Hebräer. Man möchte sagen, daß in dem einzigen 104. Psalm das Bild des ganzen Kosmos dargelegt ist: „Der Herr, mit Licht umhüllet, hat den Himmel wie einen Teppich ausgespannt. Er hat den Erdball auf sich selbst gegründet, daß er in Ewigkeit nicht wanke. Die Gewässer quellen von den Bergen herab in die Thäler, zu den Orten, die ihnen beschieden, daß sie nie überschreiten die ihnen gesetzten Grenzen, aber tränken alles Wild des Feldes. Der Lüfte Vögel singen unter dem Laube hervor. Saftvoll stehen des Ewigen Bäume, Libanons Zedern, die der Herr selbst gepflanzt, daß sich das Federwild dort nifte, und auf Tannen sein Gehäus der Habicht baue." Es wird beschrieben „das Weltmeer, in dem es wimmelt von Leben ohne Zahl. Da wandeln die Schiffe, und es regt sich das Ungeheuer, das du schufest darin zu scherzen." Es wird die „Saat der Felder durch Menschenarbeit bestellt, der fröhliche Weinbau und die Pflege der Oelgärten" geschildert. Die Himmelskörper geben diesem Naturbilde seine Vollendung. „Der Herr schuf den Mond, die Zeiten einzuteilen, die Sonne, die das Ziel kennt ihrer Bahn. Es wird Nacht, da schwärmt Gewild umher. Nach Raube brüllen junge Löwen und verlangen Speise von Gott. Erscheint die Sonne, so heben sie sich davon und lagern sich in ihre Höhlen; dann geht der Mensch zu seinem Tagewerk, zu seiner Arbeit bis zum Abend." Man erstaunt, in einer lyrischen Dichtung von so geringem Umfange, mit wenigen großen Zügen, das Universum, Himmel und Erde geschildert zu sehen. Dem bewegten Elementarleben der Natur ist hier des Menschen stilles, mühevolles Treiben vom Aufgang der Sonne bis zum Schluß des Tagewerks am Abend entgegen gestellt. Dieser Kontrast, diese Allgemeinheit der Auffassung in der Wechselwirkung der Erscheinungen, dieser Rückblick auf die allgegenwärtige unsichtbare Macht, welche „die Erde verjüngen" oder in Staub zertrümmern kann, begründen das Feierliche einer minder lebenswarmen und gemütlichen als erhaben poetischen Dichtung.

Aehnliche Ansichten des Kosmos kehren mehrmals[10] wieder (Psalm 65, 7—14 und 74, 15—17), am vollendetsten vielleicht in dem 37. Kapitel des alten, wenn auch nicht vormosaischen Buches Hiob. Die meteorologischen Prozesse, welche in der Wolkendecke vorgehen, die Formbildung und Auflösung der Dünste bei verschiedener Windrichtung, ihr Farbenspiel, die Erzeugung des Hagels und des rollenden Donners werden mit individueller Anschaulichkeit beschrieben; auch viele Fragen vorgelegt, die unsere heutige Physik in wissenschaftlicheren Ausdrücken zu formulieren, aber nicht befriedigend zu lösen vermag. Das Buch Hiob wird allgemein für die vollendetste Dichtung gehalten, welche die hebräische Poesie hervorgebracht hat. Es ist so malerisch in der Darstellung einzelner Erscheinungen als kunstreich in der Anlage der ganzen didaktischen Komposition. In allen modernen Sprachen, in welche das Buch Hiob übertragen worden ist, lassen seine Naturbilder des Orients einen tiefen Eindruck. „Der Herr wandelt auf des Meeres Höhen, auf dem Rücken der vom Sturm aufgetürmten Wellen. — Die Morgenröte erfaßt der Erde Saumen und gestaltet mannigfach die Wolkenhülle, wie des Menschen Hand den bildsamen Thon." — Es werden die Sitten der Tiere geschildert, des Waldesels und der Rosse, des Büffels, des Nilpferdes und der Krokodile, des Adlers und des Straußen. — Wir sehen den „reinen Aether in der Schwüle des Südwindes wie einen gegossenen Spiegel über die dürstende Wüste hingedehnt".[11] Wo die Natur kärglich ihre Gaben spendet, schärft sie den Sinn des Menschen, daß er auf jeden Wechsel im bewegten Luftkreise wie in den Wolkenschichten lauscht, daß er in der Einsamkeit der starren Wüste wie in der des wellenschlagenden Ozeans jedem Wechsel der Erscheinungen bis zu seinen Vorboten nachspürt. Das Klima ist besonders in dem dürren und felsigen Teile von Palästina geeignet, solche Beobachtungen anzuregen. Auch an Mannigfaltigkeit der Form fehlt es der dichterischen Litteratur der Hebräer nicht. Während von Josua bis Samuel die Poesie eine kriegerische Begeisterung atmet, bietet das kleine Buch der ährenlesenden Ruth ein Naturgemälde dar von der naivesten Einfachheit und von unaussprechlichem Reize. Goethe in der Epoche seines Enthusiasmus für das Morgenland nennt es „das Lieblichste, das uns episch und idyllisch überliefert worden ist".

Selbst in den neueren Zeiten, in den ersten Denkmalen

der Litteratur der Araber, bemerkt man einen schwachen Abglanz der großartigen Naturanschauung, welche dem semitischen Stamme so früh eigentümlich war. Ich erinnere an die malerische Schilderung des beduinischen Wüstenlebens, die der Grammatiker Asmai an den großen Namen Antars geknüpft und mit anderen vormohammedanischen Sagen ritterlicher Thaten zu einem großen Werke verschmolzen hat. Die Hauptperson dieser romantischen Novelle ist derselbe Antar aus dem Stamme Abs, Sohn des fürstlichen Häuptlings Scheddad und einer schwarzen Sklavin, dessen Verse unter den in der Kaaba aufgehangenen Preisgedichten (moallakât) bewahrt werden. Der gelehrte englische Uebersetzer Terrick Hamilton hat selbst schon auf die biblischen Anklänge des Stils im Antar aufmerksam gemacht. Den Sohn der Wüste läßt Asmai nach Konstantinopel reisen, wodurch ein malerischer Gegensatz von griechischer Kultur und nomadischer Roheit herbeigeführt wird. Daß in der frühesten arabischen Dichtung die Naturschilderung des Bodens nur einen sehr geringen Raum einnimmt, darf nach der Bemerkung eines berühmten Kenners dieses Zweiges der Litteratur, meines Freundes Freytag zu Bonn, um so weniger Wunder nehmen, als die Hauptgegenstände der Dichtung Erzählungen von Waffenthaten, Lob der Gastfreundschaft und der Liebestreue sind; als fast kein einziger der Sänger aus dem glücklichen Arabien stammte. Eine traurige Einförmigkeit von Grasfluren und staubbedeckte Einöden konnten nur in eigentümlichen selteneren Stimmungen das Naturgefühl beleben.

Wo dem Boden der Schmuck der Wälder fehlt, beschäftigen, wie wir bereits früher bemerkt, die Lufterscheinungen, Sturm, Gewitter und langersehnter Regen, um so mehr die Einbildungskraft. Ich erinnere vorzugsweise hier, um naturwahre Bilder dieser Art den arabischen Dichtern zu entlehnen, an Antars Moallakat, welches die vom Regen befruchtete, vom Schwarm summender Insekten besuchte Flur beschreibt, an die herrlichen und dazu noch örtlichen Schilderungen des Gewitters von Amru'l Kais und im siebten Buche der berühmten Hamasa;[1] endlich an das Anschwellen des Euphrat, wenn der Strom Schilfmassen und Baumstämme in seinen Fluten fortrollt, im Nabegha Dhobyani. Das achte Buch der Hamasa, welches „Reise und Schläfrigkeit" überschrieben ist, mußte natürlich meine besondere Aufmerksamkeit auf sich lenken. Ich wurde bald belehrt, daß die Schläfrigkeit[2] sich nur auf das erste

Fragment des Buches bezieht, und auch in diesem um so verzeihlicher ist, als sie einer Nachtreise auf dem Kamel zugeschrieben wird.

Ich habe in diesem Abschnitt fragmentarisch zu entwickeln gesucht, wie die Außenwelt, d. h. der Anblick der belebten und unbelebten Natur, zu verschiedenen Zeitepochen und bei verschiedenen Volksstämmen ungleichartig auf die Gedanken- und Empfindungswelt eingewirkt hat. Aus der Geschichte der Litteratur wurde das ausgehoben, was die lebendige Aeußerung des Naturgefühls charakterisiert. Es kam dabei, wie in meinem ganzen Werke vom Kosmos, nicht auf Vollständigkeit, sondern nur auf Allgemeinheit der Ansicht, auf die Auswahl solcher Beispiele an, in denen sich die Eigentümlichkeiten der Zeiten und der Menschenrassen offenbaren. Ich habe die Griechen und Römer geschildert bis zu dem allmählichen Absterben der Gefühle, die dem klassischen Altertume in den Abendlanden einen unverlöschbaren Glanz gegeben; ich habe in den Schriften der christlichen Kirchenväter dem schönen Ausdruck des Naturgefühls nachgespürt, den in stiller Rührung das Einsiedlerleben erzeugte. Bei Betrachtung der indogermanischen Völker (ich nehme die Benennung hier in dem engeren Sinne des Wortes) sind wir übergegangen von den Dichtungen der Deutschen im Mittelalter zu denen der hochgebildeten alten Ostarier (Inder) und der minder begabten Westarier, der Bewohner des alten Iran. Nach einem flüchtigen Blicke auf die keltischen (gallischen) Gesänge und ein neuentdecktes finnisches Epos, habe ich das reiche Naturleben geschildert, das in einem Zweige des semitischen (aramäischen) Stammes, in den erhabenen Gedichten der Hebräer und in denen der Araber, atmet. So haben wir die Erscheinungswelt abgespiegelt gesehen in der Phantasie der Völker im Norden und Südosten von Europa, in Vorderasien, in den persischen Hochebenen und dem indischen Tropenlande. Um die Natur in ihrer ganzen Größe zu umfassen, glaubte ich sie nach zweierlei Ansichten, einmal objektiv, als thatsächliche Erscheinung und dann in den Gefühlen der Menschheit reflektiert, darstellen zu müssen.

Nach dem Hinschwinden aramäischer, griechischer und römischer Herrlichkeit, ich könnte sagen nach dem Untergange der alten Welt, zeigt uns der große und begeisterte Schöpfer einer neuen, Dante Alighieri, von Zeit zu Zeit das tiefste Gefühl des irdischen Naturlebens. Er entzieht sich dann den Leidenschaften wie dem Subjektiven seines weiten Ideenkreises

einer ahnungsschweren Mystik. Die Zeitepoche, in der er lebte, folgt unmittelbar der, in welcher diesseits der Alpen der schwäbische Minnegesang, den wir oben geschildert, zu verhallen anfing. Unnachahmlich malt Dante am Ende des ersten Gesanges des Purgatorio[44] den Morgenduft und das zitternde Licht des sanft bewegten fernen Meeresspiegels (il tremolar de la marina), im fünften Gesange den Wolkenbruch und das Anschwellen der Flüsse, wobei nach der Schlacht von Campaldino der Leichnam des Buonconte da Montefeltro in den Arno versank.[45] Der Eingang in den dichten Hain des irdischen Paradieses erinnert den Dichter an den Pinienwald bei Ravenna, „la pineta in sul lito di Chiassi", wo in den Wipfeln der Frühgesang der Vögel erschallt. Mit der örtlichen Wahrheit dieses Naturbildes kontrastiert im himmlischen Paradiese der Lichtstrom, aus welchem Funken[46] sprühen, „die sich in die Blumen des Ufers senken, aber wie von Düften berauscht zurücktauchen in den Strom, während andere sich erheben". Man möchte glauben, einer solchen Fiktion liege die Erinnerung an den eigentümlichen und selteneren Zustand der Phosphoreszenz des Ozeans zum Grunde, wo leuchtende Punkte beim Zusammenschlagen der Wellen sich über der Oberfläche zu erheben scheinen und die ganze flüssige Ebene ein bewegtes Sternenmeer bildet. Die außerordentliche Konzision des Stils vermehrt in der Divina Commedia den Ernst und die Tiefe des Eindrucks.

Um noch auf italienischem Boden zu verweilen, aber dem frostigen Schäferromane fremd zu bleiben, nenne ich hier, nach dem Dante: Petrarcas Trauersonett, den Eindruck schildernd, welchen das anmutige Thal von Vaucluse ihm ohne Laura, seit ihrem Hinsterben, gemacht; die kleineren Dichtungen des Bojardo, des Freundes des Herkules von Este, und die späteren Stanzen der Vittoria Colonna.[47]

Als nun die klassische Litteratur allgemeiner wieder aufblühte durch den plötzlichen Verkehr mit dem politisch tief gesunkenen Griechenlande, finden wir unter den Prosaikern das erste Beispiel reizender Naturbeschreibungen bei dem kunstliebenden Kardinal Bembo, Rafaels Ratgeber und Freund. Seine kleine Jugendschrift Aetna dialogus gibt uns ein lebendiges Bild der geographischen Verteilung der Gewächse an dem Abhange des Gebirges, von Siziliens kornreichen Fluren bis zu dem schneebedeckten Rande des Kraters. Das vollendete Werk des reiferen Alters, die Historiae Venetae,

charakterisieren auf eine noch mehr malerische Weise das Klima und die Vegetation des Neuen Kontinentes.

Alles war damals dazu geeignet, den Geist gleichzeitig mit den großen Bildern des plötzlich erweiterten Weltraumes und der Erhöhung menschlicher Kräfte zu erfüllen. Wie in dem Altertume der macedonische Zug nach dem Paropamisus und den waldreichen Flußthälern von Vorderindien, durch den Anblick einer reich geschmückten exotischen Natur, Eindrücke zurückließ, deren Lebendigkeit sich nach Jahrhunderten noch in den Werken hochbegabter Schriftsteller offenbart, so wirkte zum zweitenmal, und selbst in einem höheren Maßstabe als die Kreuzzüge, auf die westlichen Völker die Entdeckung von Amerika. Die Tropenwelt mit der ganzen Ueppigkeit ihrer Vegetation in der Ebene, mit allen Abstufungen des Organismus am Abhange der Kordilleren, mit allen Anklängen nördlicher Klimate in den bewohnten Hochebenen von Mexiko, Neu Granada und Quito wurde nun zuerst den Europäern eröffnet. Die Phantasie, ohne deren Anregung kein wahrhaft großes Werk der Menschheit gedeihen kann, gab den Naturschilderungen von Kolumbus und Vespucci einen eigentümlichen Reiz. Den letzteren charakterisiert in der Beschreibung der brasilianischen Küste eine genaue Bekanntschaft mit den Dichtern alter und neuer Zeit; jenen in der Beschreibung des milden Himmels von Paria und der (wie er wähnt) dem östlichen Paradiese entströmenden Wassermenge des Orinoko eine ernste religiöse Stimmung. Bei zunehmendem Alter, beim Ankämpfen gegen ungerechte Verfolgung ging diese Stimmung in Trübsinn und schwärmerische Begeisterung über.

In den heroischen Zeiten der portugiesischen und kastilianischen Volksstämme führte nicht Golddurst allein (wie man aus Unkunde des damaligen Volkslebens behauptet hat), sondern allgemeine Aufregung zu den Wagnissen ferner Reisen. Die Namen Hayti, Cubagua und Darien wirkten, im Anfang des 16. Jahrhunderts, auf die Einbildungskraft der Menschen wie in den neueren Zeiten die seit Anson und Cook gefeierten Namen Tinian und Tahiti. Wenn damals die Kunde weit entlegener Länder die Jugend aus der spanischen Halbinsel, aus Flandern, Mailand und Süddeutschland unter die siegreichen Fahnen des großen Kaisers auf den Rücken der Andeskette oder in die heißen Fluren von Uraba und Coro lockte, so gewann unter dem milden Einflusse späterer Gesittung, bei gleichmäßigerer Eröffnung aller

Teile des Erdraumes, jenes unruhige Sehnen nach der Ferne andere Motive und eine andere Richtung. Leidenschaftliche Liebe zum Naturstudium, welche hauptsächlich vom Norden ausging, entflammte die Gemüter. Intellektuelle Größe der Ansichten wurde der materiellen Erweiterung des Wissens beigesellt, und die dichterisch sentimentale Stimmung des Zeitalters individualisierte sich seit dem Ende des verflossenen Jahrhunderts in litterarischen Werken, deren Formen der Vorzeit unbekannt waren.

Werfen wir noch einmal den Blick zurück in die Zeit der großen Entdeckungen, welche jene moderne Stimmung vorbereiteten, so müssen wir vor allem der Naturschilderungen gedenken, die wir von Kolumbus selbst besitzen. Erst seit kurzem kennen wir sein eigenes Schiffsjournal, seine Briefe an den Schatzmeister Sanchez, an die Amme des Infanten Don Juan, Frau Juana de la Torre und an die Königin Isabella. Ich habe schon an einem anderen Orte, in den kritischen Untersuchungen über die Geschichte der Geographie des 15. und 16. Jahrhunderts, zu zeigen gesucht, mit welchem tiefen Naturgefühle der große Entdecker begabt war; wie er das Erdenleben und den neuen Himmel, die sich seinem Blicke offenbarten (viage nuevo al nuevo cielo y mundo que fasta entonces estaba en occulto), mit einer Schönheit und Einfachheit des Ausdrucks beschrieb, die nur diejenigen ganz zu schätzen vermögen, welche mit der alten Kraft der Sprache jener Zeit vertraut sind.

Die physiognomische Gestaltung der Pflanzen, das undurchdringliche Dickicht der Wälder, „in denen man kaum unterscheiden kann, welche Blüten und Blätter jedem Stamme zugehören", die wilde Ueppigkeit des krautbedeckten Bodens der feuchten Felder, die rosenfarbigen Flamingos, welche fischend schon am frühen Morgen die Mündung der Flüsse beleben, beschäftigen den alten Seemann, als er längs den Küsten von Cuba, zwischen den kleinen lucanischen Inseln und den auch von mir besuchten Jardinillos hinfuhr. Jedes neu entdeckte Land scheint ihm noch schöner als das früher beschriebene; er beklagt, nicht Worte zu finden, um die süßen Eindrücke wiederzugeben, die er empfangen. Mit der Kräuterkunde völlig unbekannt, wenngleich durch Einfluß arabischer und jüdischer Aerzte sich damals schon einige oberflächliche Kenntnis der Gewächse in Spanien verbreitet hatte, treibt das einfache Naturgefühl den Entdecker an, alles Fremdartige

einzeln aufzufassen. Er unterscheidet in Cuba schon sieben oder acht verschiedene Palmenarten, die schöner und höher als die Dattelpalme sind (variedades de palmas superiores a las nuestras en su belleza y altura); er meldet seinem geistreichen Freunde Anghiera, daß er in derselben Ebene Tannen und Palmen zusammengruppiert, palmeta und pineta wundervoll gemengt gesehen; er betrachtet die Vegetation mit solchem Scharfblick, daß er zuerst bemerkt, es gebe im Cibao auf den Bergen Pinien, deren Früchte nicht Tannenzapfen sind, sondern Beeren wie die Oliven des Arzarafe de Sevilla. Kolumbus hat also schon, wie ich bereits oben erinnert, das Geschlecht Podocarpus von der Familie der Abietineen getrennt.

„Die Anmut dieses neuen Landes," sagt der Entdecker, „steht hoch über der der Campiña de Cordoba. Alle Bäume glänzen von immer grünem Laube und sind ewig mit Früchten beladen. Auf dem Boden stehen die Kräuter hoch und blühend. Die Lüfte sind lau wie im April in Kastilien; es singt die Nachtigall süßer, als man es beschreiben kann. Bei Nacht singen wieder süß andere, kleinere Vögel; auch höre ich unseren Grashüpfer und die Frösche. Einmal kam ich in eine tief eingeschlossene Hafenbucht und sah, was kein Auge gesehen: hohes Gebirge, von dem lieblich die Wasser (lindas aguas) herabströmen. Das Gebirge war bedeckt mit Tannen und anderen vielfach gestalteten, mit schönen Blüten geschmückten Bäumen. Den Strom hinaufsteuernd, der in die Bucht mündete, war ich erstaunt über die kühlen Schatten, die kristallklaren Wasser und die Zahl der Singvögel. Es war mir, als möchte ich so einen Ort nie verlassen, als könnten tausend Zungen dies alles nicht wiedergeben, als weigere sich die verzauberte Hand, es niederzuschreiben (para hacer relacion a los Reyes de las cosas que vian no bastaran mil lenguas a referillo, ni la mano para lo escribir, que le parecia questaba encantado)."

Wir lernen hier aus dem Tagebuche eines litterarisch ganz ungebildeten Seemannes, welche Macht die Schönheit der Natur in ihrer individuellen Gestaltung auf ein empfängliches Gemüt auszuüben vermag. Gefühle veredeln die Sprache, denn die Prosa des Admirals ist, besonders da, wo er, bereits 67 Jahre alt, auf der vierten Reise seinen großartigen Wundertraum an der Küste von Veragua erzählt, wenn auch nicht beredter, doch anregender als der allegorische Schäferroman des Boccaccio und die zwei Arcadien von Sannazaro und

Sidney, als Garcilasos Salicio y Nemoroso oder die Diana des Jorge de Montemayor. Das elegisch idyllische Element war leider! nur zu lange vorherrschend in der italienischen und in der spanischen Litteratur. Es bedurfte des lebensfrischen Bildes, in dem Cervantes die Abenteuer des Ritters aus der Mancha darstellte, um die Galatea desselben Schriftstellers zu verdunkeln. Der Hirtenroman, so sehr ihn auch bei den eben genannten großen Dichtern Schönheit der Sprache und Zartheit der Empfindungen veredelten, bleibt seiner Natur nach, wie die allegorischen Verstandeskünsteleien des Mittelalters, frostig und ermüdend. Individualität des Beobachteten führt allein zur Naturwahrheit in der Darstellung; auch hat man in den herrlichsten beschreibenden Stanzen des befreiten Jerusalem Eindrücke von der malerischen Umgebung des Dichters, Erinnerungen an die anmutige Landschaft von Sorrent zu erkennen geglaubt.

Jene individuelle Naturwahrheit, die aus eigener Anschauung entspringt, glänzt im reichsten Maße in dem großen Nationalepos der portugiesischen Litteratur. Es weht wie ein indischer Blütenduft durch das ganze unter dem Tropenhimmel (in der Felsgrotte bei Macao und in den Molukken) geschriebene Gedicht. Mir geziemt es nicht, einen kühnen Ausspruch Friedrich Schlegels zu bekräftigen, nach welchem die Lusiaden des Camoens „an Farbe und Fülle der Phantasie den Ariost bei weitem übertreffen“;[48] aber als Naturbeobachter darf ich wohl hinzufügen, daß in den beschreibenden Teilen der Lusiaden nie die Begeisterung des Dichters, der Schmuck der Rede und die süßen Laute der Schwermut der Genauigkeit in der Darstellung physischer Erscheinungen hinderlich werden. Sie haben vielmehr, wie dies immer der Fall ist, wenn die Kunst aus ungetrübter Quelle schöpft, den belebenden Eindruck der Größe und Wahrheit der Naturbilder erhöht. Unnachahmlich sind in Camoens die Schilderungen des ewigen Verkehrs zwischen Luft und Meer, zwischen der vielfach gestalteten Wolkendecke, ihren meteorologischen Prozessen und den verschiedenen Zuständen der Oberfläche des Ozeans. Er zeigt uns diese Oberfläche, bald wenn milde Winde sie kräuseln und die kurzen Wellen im Spiel des zurückgeworfenen Lichtstrahles funkelnd leuchten, bald wenn Coelhos und Paul de Gamas Schiffe in einem furchtbaren Sturme gegen die tief aufgeregten Elemente ankämpfen.[49] Camoens ist im eigentlichen Sinne des Wortes ein großer Seemaler. Als Kriegs-

mann hatte er gefochten am Fuße des Atlas im marokkanischen Gebiete, im Roten Meere und im Persischen Meerbusen; zweimal hatte er das Kap umschifft und, mit tiefem Naturgefühl begabt, 16 Jahre lang an dem indischen und chinesischen Gestade alle Phänomene des Weltmeeres belauscht. Er beschreibt das elektrische St. Elmsfeuer (Castor und Pollux der alten griechischen Seefahrer): „das lebende Licht[70], dem Seevolke heilig"; er beschreibt die gefahrdrohende Trombe in ihrer allmählichen Entwickelung: „wie der Dunst, aus seinem Duft gewoben, sich im Kreise dreht, ein dünnes Rohr herabläßt und die Flut dürstend aufpumpt, wie er, wenn das schwarze Gewölk sich satt gesogen, den Fuß des Trichters zurückzieht und, zum Himmel fliegend, auf der Flucht als süßes Wasser den Wogen wiedergibt, was die Trombe ihnen brausend entzogen."[71] Die Schriftgelehrten, sagt der Dichter (und er sagt es fast auch zum Spott der jetzigen Zeit), die Schriftgelehrten mögen versuchen, „der Welt verborgene Wunderdinge zu erklären, da, vom Geist allein und von der Wissenschaft geleitet, sie so gern für falsch ausgeben, was man aus dem Munde des Schiffers hört, dem einziger Leiter die Erfahrung ist".

Das naturbeschreibende Talent des begeisterten Dichters weilt aber nicht bloß bei den einzelnen Erscheinungen; es glänzt auch da, wo es große Massen auf einmal umfaßt. Der dritte Gesang schildert mit wenigen Zügen die Gestaltung von Europa[72] vom kältesten Norden an bis „zum Lusitanenreiche und zu der Meerenge, wo Herkules sein letztes Werk gethan". Ueberall wird auf die Sitten und den Kulturzustand der Völker angespielt, welche den vielgegliederten Weltteil bewohnen. Von den Preußen, Moskowiten und den Stämmen, „que o Rheno *frio* lava", eilt er zu den herrlichen Auen von Hellas, „que creastes os peitos eloquentes, e os juizos de alta phantasia". Im zehnten Gesange erweitert sich der Blick. Tethys führt den Gama auf einen hohen Berg, um ihm die Geheimnisse des Weltbaues (machina de mundo) und der Planeten Lauf (nach ptolemäischen Ansichten) zu enthüllen.[73] Es ist ein Traumgesicht im Stil des Dante; und da die Erde das Centrum des Bewegten bildet, so wird zuletzt bei Beschreibung des Erdglobus die ganze Kenntnis der damals erforschten Länder und ihrer Erzeugnisse dargelegt. Es gilt hier nicht mehr, Europa allein zu schildern, wie früher im dritten Gesange, alle Erdteile werden durchmustert, selbst das Land des heiligen Kreuzes (Brasilien) und die Küsten

werden genannt, die Magelhan entdeckte, „durch die That, aber nicht durch die Treue ein Sohn Lusitaniens“.

Wenn ich vorher den Camoens vorzugsweise als Seemaler rühmte, so war es, um anzudeuten, daß das Erdeleben ihn minder lebhaft angezogen hat. Schon Sismondi bemerkt mit Recht, daß das ganze Gedicht keine Spur von etwas Anschaulichem über die tropische Vegetation und ihre physiognomische Gestaltung enthält. Nur die Arome und nützlichen Handelsprodukte werden bezeichnet. Die Episode der Zauberinsel [44] bietet freilich das reizendste Gemälde einer Landschaft dar; aber die Pflanzendecke ist gebildet, wie eine Ilha de Venus es erfordert, von „Myrten, dem Citrusbaume, duften den Limonen und Granaten“, alle dem Klima des südlichen Europa angeeignet. Bei dem größten der damaligen Seefahrer, Christoph Kolumbus, finden wir mehr Freude an den Küstenwäldern, mehr Aufmerksamkeit auf die Formen des Gewächsreiches; aber Kolumbus schreibt ein Reisejournal und verzeichnet in diesem die lebendigen Eindrücke jedes Tages, während das Epos des Camoens die Großthaten der Portugiesen verherrlicht. Pflanzennamen den Sprachen der Eingeborenen zu entlehnen und sie in die Beschreibung einer Landschaft einzuflechten, in der, wie vor einem Hintergrund, die Handelnden sich bewegen, konnte den an harmonische Klänge gewöhnten Dichter wenig reizen.

Neben der ritterlichen Gestalt des Camoens hat man oft die ebenso romantische eines spanischen Kriegers aufgestellt, der unter dem großen Kaiser in Peru und Chile diente und unter jenen fernen Himmelsstrichen die Thaten besang, an denen er rühmlichst teilgenommen. In dem ganzen Epos der Araucana des Don Alfonso de Ercilla hat die unmittelbare Anschauung, der Anblick mit ewigem Schnee bedeckter Vulkane, heißer Waldthäler und weit in das Land eindringender Meeresarme fast nichts hervorgebracht, was man darstellend nennen könnte. Das übermäßige Lob, welches Cervantes, bei Gelegenheit der geistreich satirischen Bücherschau des Quixote, dem Ercilla gespendet hat, ist wohl nur durch leidenschaftliche Rivalität zwischen der spanischen und italienischen Poesie hervorgerufen worden. Man möchte fast sagen, es habe Voltaire und viele neuere Kritiker irre geführt. Die Araucana ist allerdings ein Werk, welches ein edles Nationalgefühl durchdringt; die Schilderung der Sitten eines wilden Volksstammes, der im Kampf für die Freiheit des Vaterlandes erliegt, ist

darin nicht ohne Leben, aber die Diktion des Ercilla ist schleppend, mit Eigennamen überhäuft, ohne alle Spur dichterischer Begeisterung.[55]

Diese Begeisterung findet sich in mehreren Strophen des Romancero caballeresco;[56] in der religiösen Melancholie des Fray Luis de Leon, z. B. in seiner „heiteren Nacht", wenn er die ewigen Lichter (resplandores eternales) des gestirnten Himmels besingt,[57] und in den großen Schöpfungen des Calderon. „Als sich die Komödie der Spanier bis zu einer hohen Vollendung ausgearbeitet hatte," sagt der tiefste Forscher aller dramatischen Litteratur, mein edler Freund Ludwig Tieck, „finden wir oft beim Calderon und bei einem Zeitgenossen in romanzen- und kanzonartigen Silbenmaßen blendend schöne Schilderungen vom Meere, von Gebirgen, Gärten und waldigen Thälern, doch fast immer mit allegorischen Beziehungen, und mit einem künstlichen Glanz übergossen, der uns nicht sowohl die freie Luft der Natur, die Wahrheit des Gebirges, die Schatten der Thäler fühlen läßt, als daß in harmonischen, wohlklingenden Versen eine geistvolle Beschreibung gegeben wird, die mit kleinen Nüancen immer wiederkehrt." In dem Schauspiel „Das Leben ein Traum (la vida es sueño)" läßt Calderon den Prinzen Sigismund das Unglück seiner Gefangenschaft in anmutigen Gegensätzen mit der Freiheit der ganzen organischen Natur beklagen. Es werden geschildert die Sitten der Vögel, „die im weiten Himmelsraume sich in raschen Flügen regen", die Fische, „welche, kaum als Laich und Schlamm entsprossen, schon das weite Meer suchen, dessen Unendlichkeit ihnen bei ihren kecken Zügen nicht zu genügen scheint. Selbst dem Bache, der im Ringelgange zwischen Blüten hingleitet, gewährt die Flur einen freien Pfad". Und ich, ruft Sigismund verzweiflungsvoll aus, der mehr Leben hat, soll bei freierem Geiste mich in mindere Freiheit fügen! Auf ähnliche Weise, aber auch oft durch Antithesen, witzige Gleichnisse und Künsteleien aus Gongoras Schule verunstaltet, spricht im standhaften Prinzen Don Fernando zum Könige von Fez. Wir erinnern an diese einzelnen Beispiele, weil sie zeigen, wie in der dramatischen Dichtung, die es vornehmlich mit Begebenheiten, Leidenschaften und Charakteren zu thun hat, „die Beschreibungen nur Abbildungen des Gemütes, der Stimmung der handelnden Personen werden. Shakespeare, der in dem Drang seiner bewegten Handlung fast nie Zeit und Gelegenheit hat, sich auf

Naturschilderungen geflissentlich einzulassen, malt durch Vorfälle, Andeutungen und Gemütsbewegung der Handelnden Landschaft und Natur, daß wir sie vor uns zu sehen glauben und in ihr zu leben scheinen. So leben wir in der Sommernacht im Walde, sehen wir in den letzten Szenen des Kaufmanns von Venedig den Mondschein, welcher eine warme Sommernacht erhellt, ohne daß beide geschildert werden. Eine wirkliche Naturbeschreibung ist aber die der Doverklippe im König Lear, wo der sich wahnsinnig stellende Edgar seinem blinden Vater Gloster, auf der Ebene gehend, vorbildet, sie erstiegen die Klippe. Schwindelerregend ist die Schilderung des Blickes in die Tiefe von oben hinab." [58]

Wenn in Shakespeare innere Lebendigkeit der Gefühle und großartige Einfachheit der Sprache die Anschaulichkeit und den individuellen Naturausdruck so wundervoll beleben, so ist in Miltons erhabener Dichtung des verlorenen Paradieses, dem Wesen einer solchen Komposition nach, das Beschreibende mehr prachtvoll als darstellend. Der ganze Reichtum der Phantasie und der Sprache ist auf die Schilderung der blühenden Natur des Paradieses ausgegossen; aber hier wie in Thomsons lieblichem Lehrgedichte der Jahreszeiten hat die Schilderung der Vegetation nur in allgemeineren, unbestimmteren Umrissen entworfen werden können. Nach dem Urteile tiefer Kenner der indischen Dichtkunst individualisiert zwar Kalidasas ähnliches indisches Gedicht, Ritusanhara, das weit über anderthalbtausend Jahre älter ist, die kräftige Tropennatur mit größerer Lebendigkeit; es entbehrt aber der Anmut, welche in Thomson aus der den höheren Breiten eigenen vielfacheren Scheidung der Jahreszeiten, aus den Uebergängen des obstreichen Herbstes zum Winter und des Winters zum wiederbelebenden Frühling, aus der Schilderung des arbeitsamen oder heiteren Treibens der Menschen in jedem Teile des Jahres entspringt.

Gehen wir zu der uns näheren Zeit über, so bemerken wir, daß seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts sich vorzugsweise die darstellende Prosa in eigentümlicher Kraft entwickelt hat. Wenn auch bei dem nach allen Seiten hin erweiterten Naturstudium die Masse des Erkannten übermäßig angewachsen ist, so hat sie darum doch nicht bei den wenigen, die einer hohen Begeisterung fähig sind, die intellektuelle Anschauung unter dem materiellen Gewichte des Wissens erdrückt. Diese intellektuelle Anschauung (das Werk dichterischer Spontaneität) hat vielmehr selbst an Umfang und an Erhabenheit

des Gegenstandes zugenommen, seitdem die Blicke tiefer in den Bau der Gebirge (der geschichteten Grabstätte untergegangener Organisationen), in die geographische Verbreitung der Tiere und Pflanzen, in die Verwandtschaft der Menschenstämme eingedrungen sind. So haben zuerst durch Anregung der Einbildungskraft mächtig auf die Belebung des Naturgefühles, den Kontakt mit der Natur und den davon unzertrennlichen Trieb zu fernen Reisen gewirkt: in Frankreich Jean Jacques Rousseau, Buffon, Bernardin de St. Pierre und, um hier ausnahmsweise einen noch lebenden Schriftsteller zu nennen, mein vieljähriger Freund August von Chateaubriand, in den britischen Inseln der geistreiche Playfair, in Deutschland Cooks Begleiter auf seiner zweiten Weltumsegelung, der beredte und dabei jeder Verallgemeinerung der Naturansicht glücklich zugewandte Georg Forster.

Es muß diesen Blättern fremd bleiben, zu untersuchen, was jeden dieser Schriftsteller charakterisiert, was in ihren überall verbreiteten Werken den Schilderungen der Landschaft Reiz und Anmut verleiht, was die Eindrücke stört, die sie hervorrufen wollten; aber einem Reisenden, welcher sein Wissen hauptsächlich der unmittelbaren Anschauung der Welt verdankt, wird es erlaubt sein, hier einige zerstreute Betrachtungen über einen jüngeren und im ganzen wenig bearbeiteten Teil der Litteratur einzuschalten. Buffon: großartig und ernst, Planetenbau, Organisation, Licht und magnetische Kraft gleichzeitig umfassend, in physikalischen Untersuchungen weit gründlicher, als es seine Zeitgenossen wähnten, ist, wenn er von den Sitten der Tiere zu der Beschreibung des Landschaftlichen übergeht, in kunstreichem Periodenbau, mehr rhetorisch pomphaft als individualisierend wahr, mehr zur Empfänglichkeit des Erhabenen stimmend als das Gemüt durch anschauliche Schilderung des wirklichen Naturlebens, gleichsam durch Anklang der Gegenwart, ergreifend. Man fühlt, selbst in den mit Recht bewunderten Versuchen dieser Art, daß er Mitteleuropa nie verließ, daß ihm die eigene Ansicht der Tropenwelt fehlt, die er zu beschreiben glaubt. Was wir aber besonders in den Werken dieses großen Schriftstellers vermissen, ist die harmonische Verknüpfung der Darstellung der Natur mit dem Ausdruck der angeregten Empfindung; es fehlt fast alles, was der geheimnisvollen Analogie zwischen den Gemütsbewegungen und den Erscheinungen der Sinnenwelt entquillt.

Größere Tiefe der Gefühle und ein frischerer Lebensgeist

atmen in Jean Jacques Rousseau, in Bernardin de St. Pierre und in Chateaubriand. Wenn ich hier der hinreißenden Beredsamkeit des ersten, der malerischen Szenen von Clarens und Meillerie am Lemansee erwähne, so ist es, weil in den Hauptwerken des wenig gelehrten aber eifrigen Pflanzensammlers (sie sind um zwanzig Jahre älter als Buffons phantasiereiche Weltepochen[59]) die Begeisterung sich hauptsächlich in der innersten Eigentümlichkeit der Sprache offenbart, ja in der Prosa ebenso überströmend ausbricht als in Klopstocks, Schillers, Goethes und Byrons unsterblichen Dichtungen. Auch da, wo nichts beabsichtigt wird, was unmittelbar an das Studium der Natur geknüpft ist, kann doch unsere Liebe zu diesem Studium durch den Zauber einer poetischen Darstellung des Naturlebens, sei es auch in den engsten, uns wohlbekannten Erdräumen, erhöht werden.

Indem wir zu den Prosaikern wieder zurückkehren, verweilen wir gern bei der kleinen Schöpfung, welcher Bernardin de St. Pierre den schöneren Teil seines litterarischen Ruhmes verdankt. Paul und Virginia, ein Werk, wie es kaum eine andere Litteratur aufzuweisen hat, ist das einfache Naturbild einer Insel mitten im tropischen Meere, wo, bald von der Milde des Himmels beschirmt, bald von dem mächtigen Kampf der Elemente bedroht, zwei anmutvolle Gestalten in der milden Pflanzenfülle des Waldes sich malerisch wie von einem blütenreichen Teppich abheben. Hier und in der Chaumière indienne, ja selbst in den Etudes de la Nature, welche leider durch abenteuerliche Theorieen und physikalische Irrtümer verunstaltet werden, sind der Anblick des Meeres, die Gruppierung der Wolken, das Rauschen der Lüfte in den Bambusgebüschen, das Wogen der hohen Palmengipfel mit unnachahmlicher Wahrheit geschildert. Bernardin de St. Pierres Meisterwerk Paul und Virginia hat mich in die Zone begleitet, der es seine Entstehung verdankt. Viele Jahre lang ist es von mir und meinem teuren Begleiter und Freunde Bonpland gelesen worden; dort nun (man verzeihe den Anruf an das eigene Gefühl) in dem stillen Glanze des südlichen Himmels, oder wenn in der Regenzeit, am Ufer des Orinoko, der Blitz krachend den Wald erleuchtete, wurden wir beide von der bewundernswürdigen Wahrheit durchdrungen, mit der in jener kleinen Schrift die mächtige Tropennatur in ihrer ganzen Eigentümlichkeit dargestellt ist. Ein solches Auffassen des Einzelnen, ohne dem Eindruck des Allgemeinen zu

schaden, ohne dem zu behandelnden äußeren Stoffe die freie innere Belebung dichterischer Phantasie zu rauben, charakterisiert in einem noch höheren Grade den geistreichen und gefühlvollen Verfasser von Atala, René, der Märtyrer und der Reise nach Griechenland und Palästina. In seinen Schöpfungen sind alle Kontraste der Landschaft in den verschiedenartigsten Erdstrichen mit wundervoller Anschaulichkeit zusammengedrängt. Die ernste Größe historischer Erinnerungen konnte allein den Eindrücken einer schnellen Reise Tiefe und Ruhe verleihen.

In unserem deutschen Vaterlande hat sich das Naturgefühl wie in der italienischen und spanischen Litteratur nur zu lange in der Kunstform des Idylls, des Schäferromans und des Lehrgedichtes offenbart. Auf diesem Wege wandelten oft der persische Reisende Paul Flemming, Brockes, der gefühlvolle Ewald von Kleist, Hagedorn, Salomon Geßner und einer der größten Naturforscher aller Zeiten, Haller, dessen lokale Schilderungen wenigstens bestimmtere Umrisse und eine mehr objektive Wahrheit des Kolorits darbieten. Das elegisch-idyllische Element beherrschte damals eine schwermütige Landschaftspoesie, und die Dürftigkeit des Inhalts konnte, selbst in Voß, dem edlen und tiefen Kenner des klassischen Altertums, nicht durch eine höhere und glückliche Ausbildung der Sprache verhüllt werden. Erst als das Studium der Erdräume an Tiefe und Mannigfaltigkeit gewann, als die Naturwissenschaften sich nicht mehr auf tabellarische Aufzählung seltsamer Erzeugnisse beschränkten, sondern sich zu den großartigen Ansichten einer vergleichenden Länderkunde erhoben, konnte jene Ausbildung der Sprache zu lebensfrischen Bildern ferner Zonen benutzt werden.

Die älteren Reisenden des Mittelalters, wie John Mandeville (1353), Hans Schiltberger aus München (1425) und Bernhard von Breytenbach (1486), erfreuen uns noch heute durch eine liebenswürdige Naivität, durch ihre Freiheit der Rede, durch die Sicherheit, mit welcher sie vor einem Publikum auftreten, das ganz unvorbereitet, und darum um so neugieriger und leichtgläubiger anhört, weil es sich noch nicht schämen gelernt hat, ergötzt oder gar erstaunt zu scheinen. Das Interesse der Reisen war damals fast ganz dramatisch, ja die notwendige und dazu so leichte Einmischung des Wunderbaren gab ihnen beinahe eine epische Färbung. Die Sitten der Völker werden minder beschrieben, als sie sich durch den

Kontakt des Reisenden mit den Eingebornen anschaulich machen. Die Vegetation bleibt namenlos und unbeachtet, wenn nicht hier und da einer sehr angenehmen oder seltsam gestalteten Frucht oder einer außerordentlichen Dimension von Stamm und Blättern gedacht wird. Unter den Tieren werden zunächst die menschenähnlichen, dann die reißenden, gefahrbringenden mit besonderer Vorliebe beschrieben. Die Zeitgenossen des Reisenden glaubten noch an alle Gefahren, die in solchen Klimaten wenige unter ihnen geteilt; ja die Langsamkeit der Schiffahrt und der Mangel an Verbindungsmitteln ließ die indischen Länder (so nannte man die ganze Tropenzone) wie in einer unabsehbaren Ferne erscheinen. Kolumbus "" hatte noch nicht das Recht gehabt, der Königin Isabella zu schreiben: „Die Erde ist nicht gar groß, viel kleiner denn das Volk es wähnt."

In Hinsicht auf Komposition hatten demnach die vergessenen Reisen des Mittelalters, die wir hier schildern, bei aller Dürftigkeit des Materials viele Vorzüge vor unseren meisten neueren Reisen. Sie hatten die Einheit, welche jedes Kunstwerk erfordert; alles war an eine Handlung geknüpft, alles der Reisebegebenheit selbst untergeordnet. Das Interesse entstand aus der einfachen, lebendigen, meist für glaubwürdig gehaltenen Erzählung überwundener Schwierigkeiten. Christliche Reisende, unbekannt mit dem, was Araber, spanische Juden und buddhistische Missionäre vor ihnen gethan, rühmten sich, alles zuerst gesehen und beschrieben zu haben. Bei der Dunkelheit, in welche der Orient und Innerasien gehüllt erschienen, vermehrte die Ferne selbst die Größe einzelner Gestalten. Eine solche Einheit der Komposition fehlt meist den neueren Reisen, besonders denen, welche wissenschaftliche Zwecke verfolgen. Die Handlung steht dann den Beobachtungen nach, sie verschwindet in der Fülle derselben. Nur mühselige, wenn gleich wenig belehrende Bergbesteigungen und vor allem kühne Seefahrten, eigentliche Entdeckungsreisen in wenig erforschten Meeren oder der Aufenthalt in der schauervollen Öde der beisten Polarzone gewähren ein dramatisches Interesse, wie die Möglichkeit einer individualisierenden Darstellung. Die Einsamkeit der Umgebung und die hilflose Abgeschiedenheit der Seefahrer isolieren dann das Bild und wirken um so anregender auf die Einbildungskraft.

Wenn es nun nach den vorliegenden Betrachtungen unleugbar ist, daß in den neueren Reisebeschreibungen das Element

der Handlung in den Hintergrund tritt, daß sie der größeren Zahl nach nur ein Mittel geworden sind, Natur- und Sittenbeobachtungen der Zeitfolge nach aneinander zu ketten, so bieten sie dagegen für diese teilweise Entfärbung einen vollen Ersatz durch den Reichtum des Beobachteten, die Größe der Weltansicht und das rühmliche Bestreben, die Eigentümlichkeit jeder vaterländischen Sprache zu anschaulichen Darstellungen zu benutzen. Was die neuere Kultur uns gebracht, ist die unausgesetzt fortschreitende Erweiterung unseres Gesichtskreises, die wachsende Fülle von Ideen und Gefühlen, die thätige Wechselwirkung beider. Ohne den heimatlichen Boden zu verlassen, sollen wir nicht bloß erfahren können, wie die Erdrinde in den entferntesten Zonen gestaltet ist, welche Tier- und Pflanzenformen sie beleben; es soll uns auch ein Bild verschafft werden, das wenigstens einen Teil der Eindrücke lebendig wiedergibt, welche der Mensch in jeglicher Zone von der Außenwelt empfängt. Dieser Anforderung zu genügen, diesem Bedürfnis einer Art geistiger Freuden, welche das Altertum nicht kannte, arbeitet die neuere Zeit; die Arbeit gelingt, weil sie das gemeinsame Werk aller gebildeten Nationen ist, weil die Vervollkommnung der Bewegungsmittel auf Meer und Land die Welt zugänglicher, ihre einzelnen Teile in der weitesten Ferne vergleichbarer macht.

Ich habe hier die Richtung zu bezeichnen versucht, in welcher das Darstellungsvermögen des Beobachters, die Belebung des naturbeschreibenden Elements und die Vervielfältigung der Ansichten auf dem unermeßlichen Schauplatze schaffender und zerstörender Kräfte als Anregungs- und Erweiterungsmittel des wissenschaftlichen Naturstudiums auftreten können. Der Schriftsteller, welcher in unserer vaterländischen Litteratur nach meinem Gefühle am kräftigsten und am gelungensten den Weg zu dieser Richtung eröffnet hat, ist mein berühmter Lehrer und Freund Georg Forster gewesen. Durch ihn begann eine neue Aera wissenschaftlicher Reisen, deren Zweck vergleichende Völker- und Länderkunde ist. Mit einem feinen ästhetischen Gefühle begabt, in sich bewahrend die lebensfrischen Bilder, welche auf Tahiti und anderen, damals glücklicheren Eilanden der Südsee seine Phantasie (wie neuerlichst wieder die von Charles Darwin) erfüllt hatten, schilderte Georg Forster zuerst mit Anmut die wechselnden Vegetationsstufen, die klimatischen Verhältnisse, die Nahrungsstoffe in Beziehung auf die Gesittung der Menschen nach

Verschiedenheit ihrer ursprünglichen Wohnsitze und ihrer Abstammung. Alles, was der Ansicht einer exotischen Naturwahrheit Individualität und Anschaulichkeit gewähren kann, findet sich in seinen Werken vereint. Nicht etwa bloß in seiner trefflichen Beschreibung der zweiten Reise des Kapitän Cook, mehr noch in den kleinen Schriften liegt der Keim zu vielem Großen, das die spätere Zeit zur Reife gebracht hat. Aber auch dieses so edle, gefühlreiche, immer hoffende Leben durfte kein glückliches sein!

Hat man die Naturschilderungen, deren sich die neuere Zeit, vorzüglich in der deutschen, französischen, englischen und nordamerikanischen Litteratur, erfreut, mit den Benennungen „beschreibender Poesie und Landschaftsdichtung" tadelnd belegt, so bezeichnen diese Benennungen wohl nur den Mißbrauch, welcher vermeintlichen Grenzerweiterungen des Kunstgebiets schuld gegeben wird. Dichterische Beschreibungen von Naturerzeugnissen, wie sie am Ende einer langen und rühmlichen Laufbahn Delille geliefert, sind bei allem Aufwande verfeinerter Sprachkunst und Metrik keineswegs als Naturdichtungen im höheren Sinne des Wortes zu betrachten. Sie bleiben der Begeisterung und also dem poetischen Boden fremd, sind nüchtern und kalt, wie alles, was nur durch äußere Zierde glänzt. Wenn demnach die sogenannte „beschreibende Poesie" als eine eigene, für sich bestehende Form der Dichtung mit Recht getadelt worden ist, so trifft eine solche Mißbilligung gewiß nicht ein ernstes Bestreben, die Resultate der neueren inhaltreicheren Weltbetrachtung durch die Sprache, d. h. durch die Kraft des bezeichnenden Wortes, anschaulich zu machen. Sollte ein Mittel unangewandt bleiben, durch welches uns das belebte Bild einer fernen, von anderen durchwanderten Zone, ja ein Teil des Genusses verschafft werden kann, den die unmittelbare Naturanschauung gewährt? Die Araber sagen figürlich und sinnig, die beste Beschreibung sei die, „in welcher das Ohr zum Auge umgewandelt wird". Es gehört in die Leiden der Gegenwart, daß ein unseliger Hang zu inhaltloser poetischer Prosa, zu der Leere sogenannter gemütlicher Ergüsse gleichzeitig in vielen Ländern verdienstvolle Reisende und naturhistorische Schriftsteller ergriffen hat. Verirrungen dieser Art sind um so unerfreulicher, wenn der Stil aus Mangel litterarischer Ausbildung, vorzüglich aber aus Abwesenheit aller inneren Anregung in rhetorische Schwülstigkeit und trübe Sentimentalität ausartet.

Naturbeschreibungen, wiederhole ich hier, können scharf umgrenzt und wissenschaftlich genau sein, ohne daß ihnen darum der belebende Hauch der Einbildungskraft entzogen bleibt. Das Dichterische muß aus dem geahnten Zusammenhang des Sinnlichen mit dem Intellektuellen, aus dem Gefühl der Allverbreitung, der gegenseitigen Begrenzung und der Einheit des Naturlebens hervorgehen. Je erhabener die Gegenstände sind, desto sorgfältiger muß der äußere Schmuck der Rede vermieden werden. Die eigentliche Wirkung eines Naturgemäldes ist in seiner Komposition begründet; jede geflissentliche Anregung von seiten dessen, der es aufstellt, kann nur störend sein. Wer, mit den großen Werken des Altertums vertraut, in sicherem Besitze des Reichtums seiner Sprache, einfach und individualisierend wiederzugeben weiß, was er durch eigene Anschauung empfangen, wird den Eindruck nicht verfehlen; er wird es um so weniger, als er, die äußere ihn umgebende Natur und nicht seine eigene Stimmung schildernd, die Freiheit des Gefühles in anderen unbeschränkt läßt.

Aber nicht die lebendige Beschreibung jener reich geschmückten Länder der Aequinoktialzone allein, in welcher Intensität des Lichtes und feuchte Wärme die Entwickelung aller organischen Keime beschleunigen und erhöhen, hat in unseren Tagen dem gesamten Naturstudium einen mächtigen Reiz verschafft. Der geheime Zauber, durch den ein tiefer Blick in das organische Leben anregend wirkt, ist nicht auf die Tropenwelt allein beschränkt. Jeder Erdstrich bietet die Wunder fortschreitender Gestaltung und Gliederung, nach wiederkehrenden oder leise abweichenden Typen, dar. Allverbreitet ist das furchtbare Reich der Naturmächte, welche den uralten Zwist der Elemente in der wolkenschweren Himmelsdecke wie in dem zarten Gewebe der belebten Stoffe zu bindender Eintracht lösen. Darum können alle Teile des weiten Schöpfungskreises, vom Aequator bis zur kalten Zone, überall, wo der Frühling eine Knospe entfaltet, sich einer begeisternden Kraft auf das Gemüt erfreuen. Zu einem solchen Glauben ist unser deutsches Vaterland vor allem berechtigt. Wo ist das südlichere Volk, welches uns nicht um den großen Meister der Dichtung beneiden sollte, dessen Werke alle ein tiefes Gefühl der Natur durchdringt: in den Leiden des jungen Werthers wie in den Erinnerungen an Italien, in der Metamorphose der Gewächse wie in seinen ver-

mischten Gedichten? Wer hat beredter seine Zeitgenossen angeregt, „des Weltalls heilige Rätsel zu lösen"; das Bündnis, zu erneuern, welches im Jugendalter der Menschheit Philosophie, Physik und Dichtung mit einem Bande umschlang? wer hat mächtiger hingezogen in das ihm geistig heimische Land, wo

Ein sanfter Wind vom blauen Himmel weht,
Die Myrte still und hoch der Lorbeer steht?

II.

Landschaftmalerei in ihrem Einfluß auf die Belebung des Naturstudiums. — Graphische Darstellung der Physiognomik der Gewächse. — Charakteristik ihrer Gestaltung unter verschiedenen Zonen.

Wie eine lebensfrische Naturbeschreibung, so ist auch die Landschaftmalerei geeignet, die Liebe zum Naturstudium zu erhöhen. Beide zeigen uns die Außenwelt in ihrer ganzen gestaltenreichen Mannigfaltigkeit; beide sind fähig, nach dem Grade eines mehr oder minder glücklichen Gelingens in Auffassung der Natur das Sinnliche an das Unsinnliche anzuknüpfen. Das Streben nach einer solchen Verknüpfung bezeichnet das letzte und erhabenste Ziel der darstellenden Künste. Diese Blätter sind durch den wissenschaftlichen Gegenstand, dem sie gewidmet sind, auf eine andere Ansicht beschränkt: es kann hier der Landschaftmalerei nur in der Beziehung gedacht werden, als sie den physiognomischen Charakter der verschiedenen Erdräume anschaulich macht, die Sehnsucht nach fernen Reisen vermehrt und auf eine ebenso lehrreiche als anmutige Weise zum Verkehr mit der freien Natur anreizt.

In dem Altertum, welches wir vorzugsweise das klassische nennen, bei den Griechen und Römern, war nach der besonderen Geistesrichtung dieser Völker die Landschaftmalerei ebensowenig als die dichterische Schilderung einer Gegend ein für sich bestehendes Objekt der Kunst. Beide wurden nur als Beiwerk behandelt. Anderen Zwecken untergeordnet, diente die Landschaftmalerei lange nur als Hintergrund historischer Kompositionen oder als zufälliges Ornament in Wandgemälden. Auf eine ähnliche Weise versinnlichte der epische Dichter durch eine malerische Beschreibung der Landschaft — ich könnte wieder sagen des Hintergrundes, vor dem die handelnden Personen sich bewegen — das Lokal eines geschichtlichen Vor-

ganges. Die Kunstgeschichte lehrt, wie allmählich das Beiwerk zur Hauptsache der Darstellung wurde; wie die Landschaftmalerei, von der historischen gesondert, als eine eigene Gattung auftrat; wie die menschlichen Gestalten bald nur als Staffage einer Berg- und Waldgegend, eines Seestrandes oder einer Gartenanlage gedient haben. Die Trennungen zweier Gattungen, der Geschichts- und Landschaftmalerei, ist so, den allgemeinen Fortschritt der Kunst auf verschiedenen Bildungsstufen begünstigend, allmählich vorbereitet worden; und man hat mit Recht bemerkt, daß, wenn überhaupt bei den Alten die Malerei der Plastik untergeordnet blieb, insbesondere das Gefühl für die landschaftliche Schönheit, welche der Pinsel wiedergeben soll, kein antikes, sondern ein modernes Gefühl ist.

Graphische Andeutung von der Eigentümlichkeit einer Gegend mußte sich allerdings schon in den ältesten Gemälden der Griechen finden, wenn, um einzelne Beispiele anzuführen, nach Herodots Berichte Mandrokles von Samos für den großen Perserkönig den Uebergang des Heeres über den Bosporus darstellen ließ, oder wenn Polygnot[61] in der Lesche zu Delphi den Untergang von Troja malte. Unter den Bildern, die der ältere Philostrat beschreibt, wird sogar eine Landschaft erwähnt, in der man Rauch aus dem Gipfel eines Vulkans aufsteigen und Lavaströme sich in das nahe Meer ergießen sah. In dieser sehr verwickelten Komposition einer Ansicht von sieben Inseln glauben die neuesten Kommentatoren[62] sogar die Darstellung einer wirklichen Gegend, die kleine äolische oder liparische Vulkangruppe, nördlich von Sizilien, zu erkennen. Die perspektivische Bühnenmalerei, durch welche die Aufführung der Meisterwerke des Aeschylos und Sophokles verherrlicht worden war, erweiterte allmählich diesen Teil des Kunstgebietes, indem sie das Bedürfnis einer täuschenden Nachahmung lebloser Gegenstände (von Baulichkeiten, Wald und Felsen) vermehrte.

Von der Bühne, durch die Vervollkommnung der Szenographie, ging die Landschaftmalerei bei den Griechen und den nachahmenden Römern in die durch Säulen gezierten Hallen über, wo lange Wandflächen erst mit eingeschränkten Naturszenen, bald aber mit großen Prospekten von Städten, Seeufern und weiten Triften bedeckt wurden, auf denen Viehherden weiden. Solche anmutige Wandverzierungen hatte in dem Augusteischen Zeitalter nicht erfunden, aber allgemein beliebt gemacht und durch die Staffage kleiner Figuren er

heitert[63] der römische Maler Ludius. Fast zu derselben Zeit und wohl noch ein halbes Jahrhundert früher finden wir schon bei den Indern in der glänzenden Epoche des Vikramaditya der Landschaftmalerei als einer sehr geübten Kunst erwähnt. In dem reizenden Drama Sakuntala wird dem König Duschmanta das Bild seiner Geliebten gezeigt. Er ist nicht zufrieden damit, denn er will, „daß die Malerin die Plätze abbilde, welche der Freundin besonders lieb sind: den Malinifuß mit einer Sandbank, auf der die roten Flamingos stehen, eine Hügelkette, welche sich an den Himalaya anlehnt, und Gazellen auf dieser Hügelkette gelagert". Das sind Anforderungen nicht geringer Art; sie deuten wenigstens auf den Glauben an die Ausführbarkeit einer verwickelten Komposition.

Seit den Cäsaren trat die Landschaftmalerei zu Rom als eine eigene abgesonderte Kunst auf; aber nach dem vielen, was uns die Ausgrabungen von Herkulanum, Pompeji und Stabiä zeigen, waren diese Naturbilder oft nur landkartenähnliche Uebersichten der Gegend, wieder mehr Darstellung von Hafenstädten, Villen und Kunstgärten, als der freien Natur zugewandt. Den Griechen und Römern schien fast allein das gemächlich *Bewohnbare* anziehend in der Landschaft, nicht das, was wir wild und *romantisch* nennen. Die Nachahmung konnte genau sein, soweit eine oft störende Sorglosigkeit in der Perspektive und ein Streben nach konventioneller Anordnung es erlaubten; ja die arabeskenartigen Kompositionen, denen der strenge Vitruvius abhold war, vereinigten, rhythmisch wiederkehrend und genialisch aufgefaßt, Tier- und Pflanzengestalten; aber, um mich eines Ausspruches von Otfried Müller zu bedienen,[64] „der ahnungsvolle Dämmerschein des Geistes, mit welchem die Landschaft uns anspricht, erschien den Alten nach ihrer Gemütsrichtung jeder künstlerischen Ausbildung unfähig; ihre Landschaften waren mehr scherzhaft als mit Ernst und Gefühl entworfen.

Wir haben die Analogie des Entwickelungsganges bezeichnet, auf dem im klassischen Altertume zwei Mittel, die Natur anschaulich darzustellen, durch die Sprache (das begeisterte Wort) und durch graphische Nachbildungen, allmählich zu einiger Selbständigkeit gelangt sind. Was uns die neuerlichst so glücklich fortgesetzten Ausgrabungen in Pompeji von antiker Landschaftmalerei in der Manier des Ludius zeigen, gehört höchst wahrscheinlich einer einzigen und zwar sehr kurzen Zeitepoche[65] von Nero bis Titus an; denn die Stadt war sechzehn

Jahre vor dem berühmten Ausbruch des Vesuvs schon einmal durch Erdbeben gänzlich zerstört worden.

Die spätere christliche Malerei blieb nach ihrem Kunstcharakter, von Konstantin dem Großen an bis zu dem Anfange des Mittelalters, der echt griechischen und römischen nahe verwandt. Es offenbart uns dieselbe einen Schatz von alten Erinnerungen sowohl in den Miniaturen, [66] welche prachtvolle und wohlerhaltene Manuskripte zieren, wie in den selteneren Mosaiken derselben Epochen. Rumohr gedenkt eines Psalmenmanuskriptes in der Barberina zu Rom, wo in einer Miniatur „David die Harfe schlägt, von einem anmutigen Haine umgeben, aus dessen Gezweige Nymphen hervorlauschen. Diese Personifikation deutet auf die antike Wurzel des ganzen Bildes.“ Seit der Mitte des sechsten Jahrhunderts, wo Italien verarmt und politisch zerrüttet war, bewahrte vorzugsweise die byzantinische Kunst im östlichen Reiche den Nachklang und die schwer verlöschenden Typen einer besseren Zeit. Solche Denkmäler bilden den Uebergang zu den Schöpfungen des späteren Mittelalters, nachdem die Liebe zu der Ausschmückung der Manuskripte sich aus dem griechischen Orient nach den Abendländern und dem Norden, in die fränkische Monarchie, unter den Angelsachsen und in die Niederlande, verbreitet hatte. Es ist daher von nicht geringer Wichtigkeit für die Geschichte der neueren Kunst, „daß die berühmten Brüder Hubert und Johann van Eyck dem Wesentlichen nach aus einer Schule der Miniaturmaler hervorgegangen sind, welche seit der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts in Flandern eine so große Vollkommenheit erlangt hatte“.

Sorgfältige Ausbildung des Landschaftlichen findet sich nämlich zuerst in den historischen Bildern dieser Brüder van Eyck. Beide haben nie Italien gesehen; aber der jüngere Bruder Johann genoß den Anblick einer südeuropäischen Vegetation, als er im Jahr 1428 die Gesandtschaft begleitete, welche der Herzog von Burgund, Philipp der Gute, wegen seiner Bewerbung um die Tochter König Johanns I. von Portugal nach Lissabon schickte. Wir besitzen hier in dem Museum zu Berlin die Flügel des herrlichen Bildes, welches die eben genannten Künstler, die eigentlichen Begründer der großen niederländischen Malerschule, für die Kathedralkirche zu Gent angefertigt hatten. Auf den Flügeln, welche die heiligen Einsiedler und Pilger darstellen, hat Johann van Eyck die Landschaft durch Orangenbäume, Dattelpalmen und Cypressen

geschmückt, welche äußerst naturgetreu über andere dunkle Massen einen ernsten, erhabenen Charakter verbreiten. Man fühlt bei dem Anblick des Bildes, daß der Maler selbst den Eindruck einer Vegetation empfangen hat, die von lauen Lüften umweht ist.

Bei dem Meisterwerke der Gebrüder van Eyck stehen wir noch in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts, als die vervollkommnete Oelmalerei eben erst angefangen hatte, die Malerei in Tempera zu verdrängen und doch schon eine hohe technische Vollendung erlangt hatte. Das Streben nach einer lebendigen Darstellung der Naturformen war erweckt; und will man die allmähliche Verbreitung eines sich erhöhenden Naturgefühles verfolgen, so muß man erinnern, wie Antonello di Messina, ein Schüler der Brüder van Eyck, den Hang zu landschaftlicher Auffassung nach Venedig verpflanzte, und wie die Bilder der van Eyckschen Schule selbst in Florenz auf den Domenico Ghirlandajo und andere Meister in ähnlichem Sinne eingewirkt haben."[7] Die Bestrebungen dieser Zeit waren auf eine sorgsame, aber meist ängstliche Nachahmung der Natur gerichtet. Frei und großartig aufgefaßt erscheint diese erst in den Meisterwerken des Tizian, dem auch hier Giorgione zum Vorbild gedient. „Ich habe das Glück gehabt, viele Jahre lang im Pariser Museum das Gemälde des Tizian bewundern zu können, welches den Tod des von einem Albigenser im Walde überfallenen Petrus Martyr"[8] in Gegenwart eines anderen Dominikanermönches darstellt. Die Form der Waldbäume und ihre Belaubung, die bergige blaue Ferne, die Abtönung und Beleuchtung des Ganzen lassen einen feierlichen Eindruck von Ernst und Größe, von einer Tiefe der Empfindungen, welche die überaus einfache landschaftliche Komposition durchdringt. So lebendig war das Naturgefühl des Tizian, daß er nicht etwa bloß in Bildnissen schöner Frauen, wie in dem Hintergrunde der üppigen Gestalt der Dresdener Venus, sondern auch in den Bildnissen strengerer Auffassung, z. B. in dem des Dichters Pietro Aretino, sei es der Landschaft, sei es dem Himmel einen der individuellen Darstellung entsprechenden Charakter gab. Einem solchen Charakter der Erhabenheit blieben treu in der Bologneser Schule Annibal Carracci und Domenichino.

War aber die große Kunstepoche der Historienmalerei das Cinquecento, so ist die Epoche der größten Landschafter das 17. Jahrhundert. Bei dem immer mehr erkannten und

sorgsamer beobachteten Reichtum der Natur konnte das Kunstgefühl sich über eine größere Mannigfaltigkeit von Gegenständen verbreiten; auch vermehrte sich zugleich die Vollkommenheit der technischen Darstellungsmittel. Beziehungen auf die Stimmung des Gemütes wurden inniger, und durch sie erhöhte sich der zarte und milde Ausdruck des Naturschönen, wie der Glaube an die Macht, mit welcher die Sinnenwelt uns anregen kann. Wenn diese Anregung, dem erhabenen Zwecke aller Kunst gemäß, die wirklichen Gegenstände in ein Objekt der Phantasie verwandelt, wenn sie harmonisch in unserem Inneren den Eindruck der Ruhe erzeugt, so ist der Genuß nicht ohne Rührung; sie ergreift das Herz, so oft wir in die Tiefen der Natur oder der Menschheit blicken.[69] In ein Jahrhundert finden wir zusammengedrängt Claude Lorrain, den idyllischen Maler des Lichts und der duftigen Ferne, Ruysdaels dunkle Waldmassen und sein drohendes Gewölk, die heroischen Baumgestalten von Gaspard und Nikolaus Poussin; die naturwahren Darstellungen von Everdingen, Hobbema und Cuyp.[70]

In dieser glücklichen Entwickelungsperiode der Kunst ahmte man geistreich nach, was die Vegetation des Nordens von Europa, was das südliche Italien und die Iberische Halbinsel darboten. Man schmückte die Landschaft mit Orangen- und Lorbeerbäumen, mit Pinien und Dattelpalmen. Die letzten (das einzige Glied dieser herrlichen Familie, das man außer der kleinen, ursprünglich europäischen Strandpalme, Chamaerops, durch eigenen Anblick kannte) wurden meist konventionell mit schlangenartig schuppigem Stamme dargestellt;[71] sie dienten lange zum Repräsentanten der ganzen Tropenvegetation, wie Pinus pinea nach einem noch sehr verbreiteten Glauben die Vegetation Italiens ausschließlich charakterisieren soll. Die Umrisse hoher Gebirgsketten wurden wenig studiert; ja Schneegipfel, welche sich über grüne Alpenwiesen erheben, wurden damals noch von Naturforschern und Landschaftmalern für unerreichbar gehalten. Die Physiognomik der Felsmassen reizte fast nur da zu einer genaueren Nachbildung an, wo der Gießbach sich schäumend Bahn gebrochen hat. Auch hier ist wieder die Vielseitigkeit eines freien, sich in die ganze Natur versenkenden, künstlerischen Geistes zu bezeichnen. Ein Geschichtsmaler, derselbe Rubens, der in seinen großen Jagdstücken das wilde Treiben der Waldtiere mit unnachahmlicher Lebendigkeit geschildert hat, faßte beinahe gleichzeitig die Gestal-

tung des Erdreichs in der dürren, gänzlich öden, felsigen Hochebene des Escorials mit seltenem Glücke landschaftlich auf.

Die Darstellung individueller Naturformen, den Teil der Kunst berührend, welcher der eigentliche Gegenstand dieser Blätter ist, konnte an Mannigfaltigkeit und Genauigkeit erst dann zunehmen, als der geographische Gesichtskreis erweitert, das Reisen in ferne Klimate erleichtert und der Sinn für die relative Schönheit und Gliederung der vegetabilischen Gestalten, wie sie in Gruppen natürlicher Familien verteilt sind, angeregt wurden. Die Entdeckungen von Kolumbus, Vasco de Gama und Alvarez Cabral in Mittelamerika, Südasien und Brasilien, der ausgebreitete Spezerei- und Droguenhandel der Spanier, Portugiesen, Italiener und Niederländer, die Gründung botanischer, aber noch nicht mit eigentlichen Treibhäusern versehener Gärten in Pisa, Padua und Bologna zwischen 1544 und 1568 machten die Maler allerdings mit vielen wunderbaren Formen exotischer Produkte, selbst mit denen der Tropenwelt bekannt. Einzelne Früchte, Blüten und Zweige wurden von Johann Breughel, dessen Ruhm schon am Ende des 16. Jahrhunderts begann, mit anmutiger Naturtreue dargestellt; aber es fehlte bis kurz vor der Mitte des 17. Jahrhunderts an Landschaften, welche den individuellen Charakter der heißen Zone, von dem Künstler selbst an Ort und Stelle aufgefaßt, wiedergeben konnten. Das erste Verdienst einer solchen Darstellung gehört wahrscheinlich, wie mich Waagen belehrt, dem niederländischen Maler Franz Post aus Harlem, der den Prinzen Moritz von Nassau nach Brasilien begleitete, wo dieser, mit den Erzeugnissen der Tropenwelt lebhaft beschäftigte Fürst in den Jahren 1637 bis 1644 holländischer Statthalter in den eroberten portugiesischen Besitzungen war. Post machte viele Jahre lang Studien nach der Natur am Vorgebirge San Augustin, in der Bucht Aller Heiligen, an den Ufern des Rio San Francisco und am unteren Laufe des Amazonenstroms.[72] Diese Studien wurden von ihm selbst teils als Gemälde ausgeführt, teils mit vielem Geiste radiert. Zu derselben Zeit gehören die in Dänemark (in einer Galerie des schönen Schlosses Frederiksborg) aufbewahrten, sehr ausgezeichneten großen Oelbilder des Malers Eckhout, der 1641 sich ebenfalls mit Prinz Moritz von Nassau an der brasilianischen Küste befand. Palmen, Melonenbäume, Bananen und Helikonien sind überaus charakteristisch abgebildet; auch die Gestalten der Eingebornen, buntgefiederte Vögel und kleine Quadrupeden.

Solchen Beispielen physiognomischer Naturdarstellung sind bis zu Cooks zweiter Weltumseglung wenige begabte Künstler gefolgt. Was Hodges für die westlichen Inseln der Südsee, was unser verewigter Landsmann Ferdinand Bauer für Neuholland und Vandiemensland geleistet, haben in den neuesten Zeiten in viel größerem Stile und mit höherer Meisterschaft für die amerikanische Tropenwelt Moritz Rugendas, der Graf Clarac, Ferdinand Bellermann und Eduard Hildebrandt; für viele andere Teile der Erde Heinrich von Kittlitz, der Begleiter des russischen Admirals Lütke auf seiner Weltumsegelung, gethan.[73]

Wer, empfänglich für die Naturschönheit von Berg-, Fluß- und Waldgegenden, die heiße Zone selbst durchwandert ist, wer Ueppigkeit und Mannigfaltigkeit der Vegetation nicht etwa bloß an den bebauten Küsten, sondern am Abhange der schneebedeckten Andes, des Himalaya und des mysorischen Nilgherigebirges, oder in den Urwäldern des Flußnetzes zwischen dem Orinoko und Amazonenstrom gesehen hat, der allein kann fühlen, welch ein unabsehbares Feld der Landschaftmalerei zwischen den Wendekreisen beider Kontinente oder in der Inselwelt von Sumatra, Borneo und der Philippinen zu eröffnen ist; wie das, was man bisher Geistreiches und Treffliches geleistet, nicht mit der Größe der Naturschätze verglichen werden kann, deren einst noch die Kunst sich zu bemächtigen vermag. Warum sollte unsere Hoffnung nicht gegründet sein, daß die Landschaftmalerei zu einer neuen, nie gesehenen Herrlichkeit erblühen werde, wenn hochbegabte Künstler öfter die engen Grenzen des Mittelmeers überschreiten können; wenn es ihnen gegeben sein wird, fern von der Küste, mit der ursprünglichen Frische eines reinen jugendlichen Gemütes, die vielgestaltete Natur in den feuchten Gebirgsthälern der Tropenwelt lebendig aufzufassen?

Jene herrlichen Regionen sind bisher meist nur von Reisenden besucht worden, denen Mangel an früher Kunstbildung und anderweitige wissenschaftliche Beschäftigung wenig Gelegenheit gaben, sich als Landschaftmaler zu vervollkommnen. Die wenigsten von ihnen wußten bei dem botanischen Interesse, welches die individuelle Form der Blüten und Blätter erregte, den Totaleindruck der tropischen Zone aufzufassen. Oft wurden die Künstler, welche große auf Kosten des Staates ausgerüstete Expeditionen begleiten sollten, wie durch Zufall gewählt und dann unvorbereiteter befunden, als es eine solche

Bestimmung erheischt. Das Ende der Reise nahte dann heran, wenn die Talentvolleren unter ihnen, durch den langen Anblick großer Naturszenen und durch häufige Versuche der Nachbildung, eben angefangen hatten, eine gewisse technische Meisterschaft zu erlangen. Auch sind die sogenannten Weltumsegelungen wenig geeignet, den Künstler in ein eigentliches Waldland oder zu dem oberen Laufe großer Flüsse und auf den Gipfel innerer Gebirgsketten zu führen.

Skizzen, in Angesicht der Naturszenen gemalt, können allein dazu leiten, den Charakter ferner Weltgegenden, nach der Rückkehr, in ausgeführten Landschaften wiederzugeben; sie werden es um so vollkommener thun, als neben denselben der begeisterte Künstler zugleich eine große Zahl einzelner Studien von Baumgipfeln, wohlbelaubten, blütenreichen, fruchtbehangenen Zweigen, von umgestürzten Stämmen, die mit Pothos und Orchideen besetzt sind, von Felsen, Uferstücken und Teilen des Waldbodens nach der Natur in freier Luft gezeichnet oder gemalt hat. Der Besitz solcher, in recht bestimmten Umrissen entworfenen Studien kann dem Heimkehrenden alle mißleitende Hilfe von Treibhausgewächsen und sogenannten botanischen Abbildungen entbehrlich machen.

Eine große Weltbegebenheit, die Unabhängigkeit des spanischen und portugiesischen Amerikas von europäischer Herrschaft, die zunehmende Kultur in Indien, Neuholland, den Sandwichinseln und den südlichen Kolonien von Afrika werden unausbleiblich, nicht der Meteorologie und beschreibenden Naturkunde allein, sondern auch der Landschaftmalerei einen neuen, großartigen Charakter und einen Schwung geben, den sie ohne diese Lokalverhältnisse nicht erreichen würden. In Südamerika liegen volkreiche Städte fast bis zu 13000 Fuß (4220 Meter) Höhe über der Meeresfläche. Von da hinab bieten sich dem Auge alle klimatischen Abstufungen der Pflanzenformen dar. Wie viel ist nicht von malerischen Studien der Natur zu erwarten, wenn nach geendigtem Bürgerzwiste und hergestellten freien Verfassungen, endlich einmal Kunstsinn in jenen Hochländern erwacht!

Alles, was sich auf den Ausdruck der Leidenschaften, auf die Schönheit menschlicher Form bezieht, hat in der temperierten nördlichen Zone, unter dem griechischen und hesperischen Himmel, seine höchste Vollendung erreichen können; aus den Tiefen seines Gemütes wie aus der sinnlichen Anschauung des eigenen Geschlechtes ruft, schöpferisch frei und nachbildend zugleich,

der Künstler die Typen historischer Darstellungen hervor. Die Landschaftmalerei, welche ebensowenig bloß nachahmend ist, hat ein mehr materielles Substratum, ein mehr irdisches Treiben. Sie bedarf einer großen Masse und Mannigfaltigkeit unmittelbar sinnlicher Anschauung, die das Gemüt in sich aufnehmen und, durch eigene Kraft befruchtet, den Sinnen wie ein freies Kunstwerk wiedergeben soll. Der große Stil der heroischen Landschaft ist das Ergebnis einer tiefen Naturauffassung und jenes inneren geistigen Prozesses.

Allerdings ist die Natur in jedem Winkel der Erde ein Abglanz des Ganzen. Die Gestalten des Organismus wiederholen sich in anderen und anderen Verbindungen. Auch der eisige Norden erfreut sich monatelang der krautbedeckten Erde, großblütiger Alpenpflanzen und milder Himmelsbläue. Nur mit den einfacheren Gestalten der heimischen Flora vertraut, darum aber nicht ohne Tiefe des Gefühls und Fülle schöpferischer Einbildungskraft, hat bisher unter uns die Landschaftmalerei ihr anmutiges Werk vollbracht. Bei dem Vaterländischen und dem Eingebürgerten des Pflanzenreichs verweilend, hat sie einen engeren Kreis durchlaufen; aber auch in diesem fanden hochbegabte Künstler, die Carracci, Gaspard Poussin, Claude Lorrain und Ruysdael, Raum genug, um durch Wechsel der Baumgestalten und der Beleuchtung die glücklichsten und mannigfaltigsten Schöpfungen zauberisch hervorzurufen. Was die Kunst noch zu erwarten hat und worauf ich hindeuten mußte, um an den alten Bund des Naturwissens mit der Poesie und dem Kunstgefühl zu erinnern, wird den Ruhm jener Meisterwerke nicht schmälern; denn, wie wir schon oben bemerkt, in der Landschaftmalerei und in jedem anderen Zweige der Kunst ist zu unterscheiden zwischen dem, was beschränkterer Art die sinnliche Anschauung und die unmittelbare Beobachtung erzeugt, und dem, was Unbegrenztes aus der Tiefe der Empfindung und der Stärke idealisierender Geisteskraft aufsteigt. Das Großartige, was dieser schöpferischen Geisteskraft die Landschaftmalerei, als eine mehr oder minder begeisterte Naturdichtung, verdankt (ich erinnere hier an die Stufenfolge der Baumformen von Ruysdael und Everdingen durch Claude Lorrain bis zu Poussin und Hannibal Carracci hinauf), ist, wie der mit Phantasie begabte Mensch, etwas nicht an den Boden Gefesseltes. Bei den großen Meistern der Kunst ist die örtliche Beschränkung nicht zu spüren; aber Erweiterung des sinnlichen Horizonts, Bekanntschaft mit edleren und größeren

Naturformen, mit der üppigen Lebensfülle der Tropenwelt gewähren den Vorteil, daß sie nicht bloß auf die Bereicherung des materiellen Substrats der Landschaftmalerei, sondern auch dahin wirken, bei minder begabten Künstlern die Empfindung lebendiger anzuregen und so die schaffende Kraft zu erhöhen.

Sei es mir erlaubt, hier an die Betrachtungen zu erinnern, welche ich fast vor einem halben Jahrhunderte in einer wenig gelesenen Abhandlung: Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse mitgeteilt habe; Betrachtungen, die in dem innigsten Zusammenhange mit den eben behandelten Gegenständen stehen. Wer die Natur mit einem Blicke zu umfassen und von Lokalphänomenen zu abstrahieren weiß, der erkennt, wie mit Zunahme der belebenden Wärme von den Polen zum Aequator hin sich auch allmählich die organische Kraft und die Lebensfülle vermehren. Der Zauber der Natur nimmt in einem geringeren Maße noch vom nördlichen Europa nach den schönen Küstenländern des Mittelmeeres als von der Iberischen Halbinsel, von Süditalien und Griechenland gegen die Tropenwelt zu. Ungleich ist der Teppich gewebt, den die blütenreiche Flora über den nackten Erdkörper ausbreitet; dichter, wo die Sonne höher an dem dunkel-reinen oder von lichtem Gewölk umflorten Himmel emporsteigt; lockerer gegen den trüben Norden hin, wo der wiederkehrende Frost bald die entwickelte Knospe tötet, bald die reifende Frucht erhascht. Wenn in der kalten Zone die Baumrinde mit dürren Flechten oder mit Laubmoosen bedeckt ist, so beleben in der Zone der Palmen und der feingefiederten baumartigen Farne, Cymbidium und duftende Vanille den Stamm der Anakardien und riesenmäßiger Fikusarten. Das frische Grün der Dracontien und der tief eingeschnittenen Pothosblätter kontrastiert mit den vielfarbigen Blüten der Orchideen; rankende Bauhinien, Passifloren und gelbblühende Banisterien umschlingen, weit und hoch durch die Lüfte steigend, den Stamm der Waldbäume; zarte Blumen entfalten sich aus den Wurzeln der Theobromen wie aus der dichten und rauhen Rinde der Crescentien und der Gustavia. Bei dieser Fülle von Blüten und Blättern, bei diesem üppigen Wuchse und der Verwirrung rankender Gewächse wird es oft dem Naturforscher schwer, zu erkennen, welchem Stamme Blüten und Blätter zugehören; ja ein einzelner Baum, mit Paullinien, Bignonien und Dendrobium geschmückt, bietet eine Fülle von Pflanzen dar, die, voneinander getrennt, einen beträchtlichen Flächenraum bedecken würden.

Aber jedem Erdstrich sind eigene Schönheiten vorbehalten: den Tropen Mannigfaltigkeit und erhabene Größe der Pflanzengestalten, dem Norden der Anblick der Wiesen und das periodische, langersehnte Wiedererwachen der Natur beim ersten Wehen milder Frühlingslüfte. So wie in den Musaceen (Pisanggewächsen) die höchste Ausdehnung, so ist in den Casuarinen und in den Nadelhölzern die höchste Zusammenziehung der Blattgefäße; Tannen, Thuja und Cypressen bilden eine nordische Form, welche in den ebenen Gegenden der Tropen sehr selten ist. Ihr ewig frisches Grün erheitert die öde Winterlandschaft; es verkündet gleichsam den nordischen Völkern, daß, wenn Schnee und Eis den Boden bedecken, das innere Leben der Pflanzen wie das prometheische Feuer nie auf unserem Planeten erlischt.

Jede Vegetationszone hat außer den ihr eigenen Vorzügen auch ihren eigentümlichen Charakter, ruft andere Eindrücke in uns hervor. Wer fühlt sich nicht, um an uns nahe vaterländische Pflanzenformen zu erinnern, anders gestimmt in dem dunklen Schatten der Buchen, auf Hügeln, die mit einzelnen Tannen bekränzt sind, und auf der weiten Grasflur, wo der Wind in dem zitternden Laube der Birken säuselt? So wie man an einzelnen organischen Wesen eine bestimmte Physiognomie erkennt, wie beschreibende Botanik und Zoologie im engeren Sinne des Wortes Zergliederung der Tier- und Pflanzenformen sind, so gibt es auch eine gewisse Naturphysiognomie, welche jedem Himmelsstriche ausschließlich zukommt. Was der Künstler mit den Ausdrücken: Schweizernatur, italienischer Himmel bezeichnet, gründet sich auf das dunkle Gefühl eines lokalen Naturcharakters. Himmelsbläue, Wolkengestaltung, Duft, der auf der Ferne ruht, Saftfülle der Kräuter, Glanz des Laubes, Umriß der Berge sind die Elemente, welche den Totaleindruck einer Gegend bestimmen. Diesen aufzufassen und anschaulich wiederzugeben ist die Aufgabe der Landschaftmalerei. Dem Künstler ist es verliehen, die Gruppen zu zergliedern, und unter seiner Hand löst sich (wenn ich den figürlichen Ausdruck wagen darf) das große Zauberbild der Natur, gleich den geschriebenen Werken der Menschen, in wenige einfache Züge auf.

Aber auch in dem jetzigen unvollkommenen Zustande bildlicher Darstellungen der Landschaft, die unsere Reiseberichte als Kupfer begleiten, ja nur zu oft verunstalten, haben sie doch nicht wenig zur physiognomischen Kenntnis ferner Zonen,

zu dem Hange nach Reisen in die Tropenwelt und zu thätigerem Naturstudium beigetragen. Die Vervollkommnung der Landschaftsmalerei in großen Dimensionen (als Dekorationsmalerei, als Panorama, Diorama und Neorama) hat in neueren Zeiten zugleich die Allgemeinheit und die Stärke des Eindrucks vermehrt. Was Vitruvius und der Aegypter Julius Pollux als „ländliche (*satirische*) Verzierungen der Bühne" schildern, was in der Mitte des 16. Jahrhunderts durch Serlios Kulissencinrichtungen die Sinnestäuschung vermehrte, kann jetzt, seit Prevosts und Daguerres Meisterwerken, in Parterschen *Rundgemälden*, die Wanderung durch verschiedenartige Klimate fast ersetzen. Die Rundgemälde leisten mehr als die Bühnentechnik, weil der Beschauer, wie in einen magischen Kreis gebannt und aller störenden Realität entzogen, sich von der fremden Natur selbst umgeben wähnt. Sie lassen Erinnerungen zurück, die nach Jahren sich vor der Seele mit den wirklich gesehenen Naturszenen wundersam täuschend vermengen. Bisher sind Panoramen, welche nur wirken, wenn sie einen großen Durchmesser haben, mehr auf Ansichten von Städten und bewohnten Gegenden als auf solche Szenen angewendet worden, in denen die Natur in wilder Ueppigkeit und Lebensfülle prangt. Physiognomische Studien an den schroffen Berggehängen des Himalaya und der Kordilleren oder in dem Inneren der indischen und südamerikanischen Flußwelt entworfen, ja durch *Lichtbilder* berichtigt, in denen nicht das Laubdach, aber die Form der Riesenstämme und der charakteristischen Verzweigung sich unübertrefflich darstellt, würden einen magischen Effekt hervorbringen.

Alle diese Mittel, deren Aufzählung recht wesentlich in ein Buch vom *Kosmos* gehört, sind vorzüglich geeignet, die Liebe zum Naturstudium zu erhöhen; ja die Kenntnis und das Gefühl von der erhabenen Größe der Schöpfung würden kräftig vermehrt werden, wenn man in großen Städten neben den Museen, und wie diese dem Volke frei geöffnet, eine Zahl von Rundgebäuden aufführte, welche wechselnd Landschaften aus verschiedenen geographischen Breiten und aus verschiedenen Höhezonen darstellten.[74] Der Begriff eines Naturganzen, das Gefühl der Einheit und des harmonischen Einklanges im *Kosmos* werden um so lebendiger unter den Menschen, als sich die Mittel vervielfältigen, die Gesamtheit der Naturerscheinungen zu anschaulichen Bildern zu gestalten.

III.

Kultur von Tropengewächsen. — Kontrastierende Zusammenstellung der Pflanzengestalten. — Eindruck des physiognomischen Charakters der Vegetation, soweit Pflanzungen diesen Eindruck hervorbringen können.

Die Wirkung der Landschaftmalerei ist, trotz der Vervielfältigung ihrer Erzeugnisse durch Kupferstiche und durch die neueste Vervollkommnung der Lithographie, doch beschränkter und minder anregend als der Eindruck, welchen der unmittelbare Anblick exotischer Pflanzengruppen in Gewächshäusern und freien Anlagen auf die für Naturschönheit empfänglichen Gemüter macht. Ich habe mich schon früher auf meine eigene Jugenderfahrung berufen; ich habe daran erinnert, wie der Anblick eines kolossalen Drachenbaumes und einer Fächerpalme in einem alten Turme des botanischen Gartens bei Berlin den ersten Keim unwiderstehlicher Sehnsucht nach fernen Reisen in mich gelegt hatte. Wer ernst in seinen Erinnerungen zu dem hinaufsteigen kann, was den ersten Anlaß zu einer ganzen Lebensbestimmung gab, wird diese Macht sinnlicher Eindrücke nicht verkennen.

Ich unterscheide hier den pittoresken Eindruck der Pflanzengestaltung von den Hilfsmitteln des anschaulichen botanischen Studiums; ich unterscheide Pflanzengruppen, die durch Größe und Masse sich auszeichnen (aneinander gedrängte Gruppen von Pisang und Helikonien, abwechselnd mit Korypha-Palmen, Araukarien und Mimosaceen; moosbedeckte Stämme, aus denen Drakontien, feinlaubige Farnkräuter und blütenreiche Orchideen hervorsprossen), von der Fülle einzeln stehender niederer Kräuter, welche familienweise in Reihen zum Unterricht in der beschreibenden und systematischen Botanik kultiviert werden. Dort ist die Betrachtung vorzugsweise geleitet auf die üppige Entwickelung der Vegetation in Cekropien, Karolineen und leichtgefiederten

Bambusen; auf die malerische Zusammenstellung großer und edler Formen, wie sie den oberen Orinoko oder die von Martius und Eduard Pöppig so naturwahr beschriebenen Waldufer des Amazonenflusses und des Huallaga schmücken; auf die Eindrücke, welche das Gemüt mit Sehnsucht nach den Ländern erfüllen, in denen der Strom des Lebens reicher fließt und deren Herrlichkeit unsere Gewächshäuser (einst Krankenanstalten für halbbelebte gärende Pflanzenstoffe) in schwachem, doch freudigem Abglanze darbieten.

Der Landschaftmalerei ist es allerdings gegeben, ein reicheres, vollständigeres Naturbild zu liefern, als die künstlichste Gruppierung kultivierter Gewächse es zu thun vermag. Die Landschaftmalerei gebietet zauberisch über Masse und Form. Fast unbeschränkt im Raume, verfolgt sie den Saum des Waldes bis in den Duft der Ferne; sie stürzt den Bergstrom herab von Klippe zu Klippe, und ergießt das tiefe Blau des tropischen Himmels über die Gipfel der Palmen wie über die wogende, den Horizont begrenzende Grasflur. Die Beleuchtung und die Färbung, welche das Licht des dünnverschleierten oder reinen Himmels unter den Wendekreisen über alle irdischen Gegenstände verbreitet, gibt der Landschaftmalerei, wenn es dem Pinsel gelingt, diesen milden Lichteffekt nachzuahmen, eine eigentümliche, geheimnisvolle Macht. Bei tiefer Kenntnis von dem Wesen des griechischen Trauerspiels hat man sinnig den Zauber des Chors in seiner allvermittelnden Wirkungsweise mit dem Himmel in der Landschaft verglichen.

Die Vervielfältigung der Mittel, welche der Malerei zu Gebote steht, um die Phantasie anzuregen und die großartigsten Erscheinungen von Meer und Land gleichsam auf einen kleinen Raum zu konzentrieren, ist unseren Pflanzungen und Gartenanlagen versagt; aber wo in diesen der Totaleindruck des Landschaftlichen geringer ist, entschädigen sie im einzelnen durch die Herrschaft, welche überall die Wirklichkeit über die Sinne ausübt. Wenn man in dem Palmenhause von Loddiges oder in dem der Pfaueninsel bei Potsdam (einem Denkmal von dem einfachen Naturgefühl unseres edlen, hingeschiedenen Monarchen) von dem hohen Altane bei heller Mittagssonne auf die Fülle schilf- und baumartiger Palmen herabblickt, so ist man auf Augenblicke über die Oertlichkeit, in der man sich befindet, vollkommen getäuscht. Man glaubt unter dem Tropenklima selbst, von dem Gipfel eines Hügels herab, ein kleines Palmengebüsch zu sehen. Man entbehrt freilich den Anblick

der tiefen Himmelsbläue, den Eindruck einer größeren Intensität des Lichtes; dennoch ist die Einbildungskraft hier noch thätiger, die Illusion noch größer als bei dem vollkommensten Gemälde. Man knüpft an jede Pflanzenform die Wunder einer fernen Welt; man vernimmt das Rauschen der fächerartigen Blätter, man sieht ihre wechselnd schwindende Erleuchtung, wenn, von kleinen Luftströmen sanft bewegt, die Palmengipfel wogend einander berühren. So groß ist der Reiz, den die Wirklichkeit gewähren kann, wenn auch die Erinnerung an die künstliche Treibhauspflege wiederum störend einwirkt. Vollkommenes Gedeihen und Freiheit sind unzertrennliche Ideen auch in der Natur; und für den eifrigen, viel gereisten Botaniker haben die getrockneten Pflanzen eines Herbariums, wenn sie auf den Kordilleren von Südamerika oder in den Ebenen Indiens gesammelt wurden, oft mehr Wert als der Anblick derselben Pflanzenart, wenn sie einem europäischen Gewächshause entnommen ist. Die Kultur verwischt etwas von dem ursprünglichen Naturcharakter, sie stört in der gefesselten Organisation die freie Entwickelung der Teile.

Die physiognomische Gestaltung der Gewächse und ihre kontrastierende Zusammenstellung ist aber nicht bloß ein Gegenstand des Naturstudiums oder ein Anregungsmittel zu demselben; die Aufmerksamkeit, welche man der Pflanzen-Physiognomik schenkt, ist auch von großer Wichtigkeit für die Landschaftgärtnerei, d. h. für die Kunst, eine Garten-Landschaft zu komponieren. Ich widerstehe der Versuchung, in dieses, freilich sehr nahe gelegene Feld überzuschweifen, und begnüge mich hier nur in Erinnerung zu bringen, daß, wie wir bereits in dem Anfange dieser Abhandlung Gelegenheit fanden, die häufigeren Ausbrüche eines tiefen Naturgefühles bei den semitischen, indischen und iranischen Völkern zu preisen, so uns auch die Geschichte die frühesten Parkanlagen im mittleren und südlichen Asien zeige. Semiramis hatte am Fuß des Berges Bagistanos Gärten anlegen lassen, welche Diodor beschreibt[75] und deren Ruf Alexander, auf seinem Zuge von Kelonä nach den Susäischen Pferdeweiden, veranlaßte, sich von dem geraden Wege zu entfernen. Die Parkanlagen der persischen Könige waren mit Cypressen geschmückt, deren obelistenartige Gestalt an Feuerflammen erinnerte und die deshalb nach der Erscheinung des Zerdusch (Zoroaster) zuerst von Gustasp um das Heiligtum der Feuer-

tempel gepflanzt wurden. So leitete die Baumform selbst auf die Mythe von dem Ursprunge der Cypresse aus dem Paradiese.[76] Die asiatischen irdischen Paradiese (παράδεισοι) hatten schon früh einen Ruf in den westlichen Ländern;[77] ja der Baumdienst steigt bei den Iraniern bis zu den Vorschriften des Hom, des im Zend-Avesta angerufenen Verkünders des alten Gesetzes, hinauf. Man kennt aus Herodot die Freude, welche Xerxes noch an der großen Platane in Lydien hatte, die er mit goldenem Schmuck beschenkte und der er in der Person eines der „zehntausend Unsterblichen" einen eigenen Wächter gab. Die uralte Verehrung der Bäume hing, wegen des erquickenden und feuchten Schattens eines Laubdaches, mit dem Dienste der heiligen Quellen zusammen.

In einen solchen Kreis des ursprünglichen Naturdienstes gehören bei den hellenischen Völkern der Ruf des wundergroßen Palmbaums auf Delos wie der einer alten Platane in Arkadien. Die Buddhisten auf Ceylon verehren den kolossalen indischen Feigenbaum (Banyane) von Anurahdepura. Es soll derselbe aus Zweigen des Urstammes entsprossen sein, unter welchem Buddha, als Bewohner des alten Magadha, in Seligkeit (Selbstverlöschung, nirwâna) versunken war. Wie einzelne Bäume wegen ihrer schönen Gestalt ein Gegenstand der Heiligung waren, so wurden es Gruppen von Bäumen als Haine der Götter. Pausanias ist voll des Lobes von einem Haine des Apollotempels zu Grynion in Aeolis; der Hain von Kolonos wird in dem berühmten Chore des Sophokles gefeiert.

Wie nun das Naturgefühl sich in der Auswahl und sorgfältigen Pflege geheiligter Gegenstände des Pflanzenreichs aussprach, so offenbarte es sich noch lebendiger und mannigfaltiger in den Gartenanlagen früh kultivierter ostasiatischer Völker. In dem fernsten Teile des alten Kontinents scheinen die chinesischen Gärten sich am meisten dem genähert zu haben, was wir jetzt englische Parks zu nennen pflegen. Unter der siegreichen Dynastie der Han hatten freie Gartenanlagen so viele Meilen im Umfange, daß der Ackerbau durch sie gefährdet und das Volk zum Aufruhr angeregt wurde. „Was sucht man," sagt ein alter chinesischer Schriftsteller, Lieu-tschen, „in der Freude an einem Lustgarten? In allen Jahrhunderten ist man darin übereingekommen, daß die Pflanzung den Menschen für alles Anmutige entschädigen soll, was ihm die Entfernung von dem Leben in der freien Natur, seinem eigent-

lichen und liebsten Aufenthalte, entzieht. Die Kunst, den Garten anzulegen, besteht also in dem Bestreben, Heiterkeit (der Aussicht), Ueppigkeit des Wachstums, Schatten, Einsamkeit und Ruhe so zu vereinigen, daß durch den ländlichen Anblick die Sinne getäuscht werden. Die Mannigfaltigkeit, welche der Hauptvorzug der freien Landschaft ist, muß also gesucht werden in der Auswahl des Bodens, in dem Wechsel von Hügelketten und Thalschluchten, von Bächen und Seen, die mit Wasserpflanzen bedeckt sind. Alle Symmetrie ist ermüdend; Ueberdruß und Langeweile werden in Gärten erzeugt, in welchen jede Anlage Zwang und Kunst verrät." Eine Beschreibung, welche uns Sir George Staunton von dem großen kaiserlichen Garten von Zhe-hol, nördlich von der chinesischen Mauer, gegeben hat, entspricht jenen Vorschriften des Lieutschen: Vorschriften, denen einer unserer geistreichen Zeitgenossen, der Schöpfer des anmutigen Parks von Muskau,[78] seinen Beifall nicht versagen wird.

In dem großen beschreibenden Gedichte, in welchem der Kaiser Kien-long um die Mitte des verflossenen Jahrhunderts die ehemalige mandschuische Residenzstadt Mukden und die Gräber seiner Vorfahren verherrlichen wollte, spricht sich ebenfalls die innigste Liebe zu einer freien, durch die Kunst nur sehr teilweise verschönerten Natur aus. Der poetische Herrscher weiß in gestaltender Anschaulichkeit zu verschmelzen die heiteren Bilder von der üppigen Frische der Wiesen, von waldbekränzten Hügeln und friedlichen Menschenwohnungen mit dem ernsten Bilde der Grabstätte seiner Ahnherren. Die Opfer, welche er diesen bringt, nach den von Konfucius vorgeschriebenen Riten, die fromme Erinnerung an die hingeschiedenen Monarchen und Krieger sind der eigentliche Zweck dieser merkwürdigen Dichtung. Eine lange Aufzählung der wildwachsenden Pflanzen, wie der Tiere, welche die Gegend beleben, ist, wie alles Didaktische, ermüdend; aber das Verweben des sinnlichen Eindrucks von der Landschaft, die gleichsam nur als Hintergrund des Gemäldes dient, mit erhabenen Objekten der Ideenwelt, mit der Erfüllung religiöser Pflichten, mit Erwähnung großer geschichtlicher Ereignisse gibt der ganzen Komposition einen eigentümlichen Charakter. Die bei dem chinesischen Volke so tief eingewurzelte Heiligung der Berge führt Kien-long zu sorgfältigen Schilderungen der Physiognomik der unbelebten Natur, für welche die Griechen und Römer keinen Sinn hatten. Auch die Gestaltung der einzelnen Bäume, die Art

ihrer Verzweigung, die Richtung der Aeste, die Form ihres Laubes werden mit besonderer Vorliebe behandelt.

Wenn ich der, leider zu langsam unter uns verschwindenden Abneigung gegen die chinesische Litteratur nicht nachgebe und bei den Naturansichten eines Zeitgenossen Friedrichs des Großen nur zu lange verweilt bin, so ist es hier um so mehr meine Pflicht, sieben und ein halbes Jahrhundert weiter hinaufzusteigen und an das Gartengedicht des See-ma-kuang, eines berühmten Staatsmannes, zu erinnern. Die Anlagen, welche das Gedicht beschreibt, sind freilich teilweise voller Baulichkeiten, nach Art der alten italischen Villen; aber der Minister besingt auch eine Einsiedelei, die zwischen Felsen liegt und von hohen Tannen umgeben ist. Er lobt die freie Aussicht auf den breiten, vielbeschifften Strom Kiang; er fürchtet selbst die Freunde nicht, wenn sie kommen, ihm ihre Gedichte vorzulesen, weil sie auch die seinigen anhören. See-ma-kuang schrieb um das Jahr 1086, als in Deutschland die Poesie, in den Händen einer rohen Geistlichkeit, nicht einmal in der vaterländischen Sprache auftrat.

Damals, und vielleicht ein halbes Jahrtausend früher, waren die Bewohner von China, Hinterindien und Japan schon mit einer großen Mannigfaltigkeit von Pflanzenformen bekannt. Der innige Zusammenhang, welcher sich zwischen den buddhistischen Mönchsanstalten erhielt, übte auch in diesem Punkte seinen Einfluß aus. Tempel, Klöster und Begräbnisplätze wurden von Gartenanlagen umgeben, welche mit ausländischen Bäumen und einem Teppich vielfarbiger, vielgestalteter Blumen geschmückt waren. Indische Pflanzen wurden früh schon nach China, Korea und Nipon verbreitet. Siebold, dessen Schriften einen weitumfassenden Ueberblick aller japanischen Verhältnisse liefern, hat zuerst auf die Ursache einer Vermischung der Floren entlegener buddhistischer Länder aufmerksam gemacht. [79]

Der Reichtum von charakteristischen Pflanzenformen, welche unsere Zeit der wissenschaftlichen Beobachtung wie der Landschaftmalerei darbietet, muß lebhaft anreizen, den Quellen nachzuspüren, welche uns diese Erkenntnis und diesen Naturgenuß bereiten. Die Aufzählung dieser Quellen bleibt der nächstfolgenden Abteilung dieses Werkes, der Geschichte der Weltanschauung, vorbehalten. Hier kam es darauf an, in dem Reflex der Außenwelt auf das Innere des Menschen, auf seine geistige Thätigkeit und seine Empfindungsweise

die Anregungsmittel zu schildern, welche bei fortschreitender Kultur so mächtig auf die Belebung des Naturstudiums eingewirkt haben. Die urtiefe Kraft der Organisation fesselt, trotz einer gewissen Freiwilligkeit im Entfalten einzelner Teile, alle tierische und vegetabilische Gestaltung an feste, ewig wiederkehrende Typen; sie bestimmt in jeder Zone den ihr eingeprägten, eigentümlichen Charakter, d. i. die Physiognomik der Natur. Deshalb gehört es unter die schönsten Früchte europäischer Völkerbildung, daß es dem Menschen möglich geworden, sich fast überall, wo ihn schmerzliche Entbehrung bedroht, durch Kultur und Gruppierung exotischer Gewächse, durch den Zauber der Landschaftmalerei und durch die Kraft des begeisterten Wortes einen Teil des Naturgenusses zu verschaffen, den auf fernen, oft gefahrvollen Reisen durch das Innere der Kontinente die wirkliche Anschauung gewährt.

Anmerkungen.

[1] (S. 4.) Purg. I, 25—28:

Goder pareva il ciel di lor fiammelle:
O settentrional vedovo sito.
Poi che privato se' de mirar quelle!

[2] (S. 7.) Doch nach dem Ausspruch von Gottfr. Hermann „trägt des Hesiodus malerische Beschreibung des Winters alle Zeichen eines hohen Altertums".

[3] (S. 8.) Auch die Nereide Mära soll vielleicht das phosphorische Leuchten der Meeresfläche ausdrücken, wie derselbe Name μαῖρα den funkelnden Hundsstern (Sirius) bezeichnet.

[4] (S. 9.) Od. XIX, 431—445; VI, 290; IX, 115—199. Vergl. „des grünenden Haines Umschattung" bei der Felsengrotte der Kalypso, „wo ein Unsterblicher selbst würde bewunderungsvoll weilen und sich herzlich erfreuen des Anblicks", V. 55—73; die Brandung im Lande der Phäaken V. 400—442; die Gärten des Alcinous VII. 113—130.

[5] (S. 10.) Als Beschreibungen der Landschaft, in denen sich ein tiefes Naturgefühl offenbart, muß ich hier noch erwähnen: der Schilderung des Cithäron in Euripides, Bacchen V. 1045, wo der Bote aus dem Asoposthale aufsteigt; des Sonnenaufganges im delphischen Thale bei Euripides, Jon. V. 82; des Anblickes der heiligen Delos, mit trüben Farben gemalt: „von Möwen umflattert, von stürmischen Wellen gegeißelt", bei Kallimachus im Hymnos auf Dolos V. 11.

[6] (S. 10.) Nach Strabo, wo er den Tragiker wegen einer geographisch unrichtigen Begrenzung von Elis anklagt. Die schöne Stelle des Euripides ist aus dem Kresphontes, und die Beschreibung der Trefflichkeit Messenes stand mit der Exposition der politischen Verhältnisse (der Teilung der Länder unter die Herakliden) in genauer Verbindung. Die Naturschilderung war also auch hier, wie Böckh scharfsinnig bemerkt, an menschliche Verhältnisse geknüpft.

[7] (S. 11.) Das Frühlingsgedicht des Meleager glaubte Zenobetti um die Mitte des 18. Jahrhunderts zuerst entdeckt zu haben.

Zwei schöne Waldgedichte des Marianos stehen in der Anthol. graeca II. 511 und 512. Mit dem Meleager kontrastiert das Lob des Frühlings in den Eklogen des Himerius, eines Sophisten, der unter Julian Lehrer der Rhetorik zu Athen war. Der Stil ist im ganzen kalt und geziert, aber im einzelnen, besonders in der beschreibenden Form, kommt er bisweilen der modernen Weltanschauung sehr nahe. Man muß sich wundern, daß die herrliche Lage von Konstantinopel den Sophisten gar nicht begeistert habe

[8] (S. 11.) Eine merkwürdige Naturliebe, besonders eine Blumenliebhaberei, die William Jones schon mit der der indischen Dichter zusammengestellt hat, bemerkt man bei einem Tragiker, dem Chäremon.

[9] (S. 12.) Stahr vermutet, wie Heumann, daß der heutige griechische Text eine umgestaltete Uebersetzung des lateinischen Textes des Appulejus sei. Letzterer sagt bestimmt: „er habe sich in der Abfassung seines Buches an Aristoteles und Theophrast gehalten".

[10] (S. 12.) Eine Stelle, in welcher Sextus Empiricus eine ähnliche Aeußerung des Aristoteles anführt, verdient um so mehr Aufmerksamkeit, als Sextus kurz vorher auf einen anderen, für uns ebenfalls verlorenen Text (über Divination und Träume) anspielt.

[11] (S. 13.) Heeren, der strenge Kritiker, nennt das didaktische Naturgedicht ὑγρότερον. eine frostige Komposition, in der die Naturkräfte ihrer Persönlichkeit entkleidet auftreten, Apoll das Licht, Here der Inbegriff der Lufterscheinungen, Zeus die Wärme ist. Auch Plutarch verspottet die sogenannten Naturgedichte, welche nur die Form der Poesie haben. Nach dem Stagiriten ist Empedokles mehr Physiologe als Dichter, er hat mit Homer nichts gemein als das Versmaß.

[12] (S. 14.) „Es mag wunderbar scheinen, die Dichtung, die sich überall an Gestalt, Farbe und Mannigfaltigkeit erfreut, gerade mit den einfachsten und abgezogensten Ideen verbinden zu wollen; aber es ist darum nicht weniger richtig. Dichtung, Wissenschaft, Philosophie, Thatenkunde sind nicht in sich und ihrem Wesen nach gespalten; sie sind eins, wo der Mensch auf seinem Bildungsgange noch eins ist oder sich durch wahrhaft dichterische Stimmung in jene Einheit zurückversetzt." Cicero schrieb freilich, wo nicht mürrisch, doch mit vieler Strenge, dem von Virgil, Ovid und Quintilian so hochgepriesenen Lucretius mehr Kunst als schöpferisches Talent (ingenium) zu

[13] (S. 14.) S. die vortreffliche Schrift von Rudolf Abeken, Rektor des Gymnasiums zu Osnabrück, welche unter dem Titel: Cicero in seinen Briefen im Jahre 1835 erschienen ist, S. 431—434. Diese wichtige Zugabe über Ciceros Geburtsstätte ist von H. Abeken, dem gelehrten Neffen des Verfassers, ehemals preußischem Gesandtschaftsprediger in Rom, jetzt teilnehmend an der wichtigen ägyptischen Expedition des Professor Lepsius.

[14] (S. 15.) Die Stellen des Virgilius, welche Malte-Brun als Lokalbeschreibungen anführt, beweisen bloß, daß der Dichter die Erzeugnisse der verschiedenen Länder, den Safran des Berges Tmolus, den Weihrauch der Sabäer, die wahren Namen vieler kleinen Flüsse, ja die mephitischen Dämpfe kannte, welche aus einer Höhle in den Apenninen bei Amsanctus aufsteigen.

[15] (S. 16.) Zu den seltenen Beispielen von individuellen Naturbildern, solchen, die sich auf eine bestimmte Landschaft beziehen, gehört, wie Roß zuerst erwiesen, die anmutige Schilderung einer Quelle am Hymettus, welche mit dem Verse anhebt: Est prope purpureos colles florentis Hymetti . . . (Ovid. de arte am. III, 687). Der Dichter beschreibt die bei den Alten berühmte, der Aphrodite geheiligte Quelle Kallia, die an der Westseite des sonst sehr wasserarmen Hymettus ausbricht.

[16] (S. 17.) Das Gedicht Aetna des Lucilius, sehr wahrscheinlich Teil eines größeren Gedichts über die Naturmerkwürdigkeiten Siziliens, wurde von Wernsdorf dem Cornelius Severus zugeschrieben. Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen: das Lob des allgemeinen Naturwissens, als „Früchte des Geistes" betrachtet, V. 270—280; die Lavaströme V. 360—370 und 474—515, die Wasserausbrüche am Fuß des Vulkans (?) V. 395, die Bildung des Bimssteins V. 425.

[17] (S. 17.) Vergl. auch die in naturhistorischer Hinsicht nicht unwichtige, von Valenciennes scharfsinnig benutzte Notiz über die Fische der Mosel, ein Gegenstück zu Oppian. Zu dieser trocken didaktischen Dichtungsart, welche sich mit Naturprodukten beschäftigte, gehörten auch die nicht auf uns gekommenen Ornithogonia und Theriaca des Aemilius Macer aus Verona, den Werken des Kolophoniers Nikander nachgebildet. Anziehender als des Ausonius Mosella war eine Naturbeschreibung der südlichen Küste von Gallien, welche das Reisegedicht des Claudius Rutilius Numatianus, eines Staatsmannes unter Honorius, enthielt. Durch den Einbruch der Barbaren von Rom vertrieben, kehrte Rutilius nach Gallien auf seine Landgüter zurück. Wir besitzen leider nur ein Fragment des zweiten Buchs, welches nicht weiter als bis zu den Steinbrüchen von Carrara führt.

[18] (S. 17.) Das einzige Fragment, das uns der Rhetor Seneca aus einem Heldengedicht erhalten hat, in welchem Ovids Freund Pedo Albinovanus die Thaten des Germanicus besang, beschreibt ebenfalls die unglückliche Schiffahrt auf der Ems. Seneca hält diese Schilderung des stürmischen Meeres für malerischer als alles, was die römischen Dichter hervorgebracht haben. Freilich sagt er selbst: latini declamatores in Oceani descriptione non nimis viguerunt: nam aut tumide scripserunt aut curiose.

[19] (S. 17.) In dem nur zu rhetorischen Lucius Annäus Seneca findet sich die merkwürdige Beschreibung eines der verschiedenen Untergänge des einst reinen, dann sündhaft gewordenen

Menschengeschlechts durch eine fast allgemeine Wasserflut: Cum fatalis dies diluvii venerit . . . bis: peracto exitio generis humani exstinctisque pariter feris in quarum homines ingenia transierant . . . . Vergl. die Schilderung chaotischer Erdrevolutionen im Bhagavata-Purana Buch III, cap. 17.

[20] (S. 18.) Die Villa Laurentina des jüngeren Plinius lag bei der jetzigen Torre di Paterno im Küstenthale la Palombara östlich von Ostia. Den Ausdruck eines tiefen Naturgefühls enthalten die wenigen Zeilen, welche Plinius vom Laurentinum aus an Minutius Fundanus schrieb: „Mecum tantum et cum libellis loquor. Rectam sinceramque vitam! dulce otium honestumque! O mare, o littus, verum secretumque μουσεῖον! quam multa invenitis, quam multa dictatis!“ (I, 9.) Hirt hatte die Ueberzeugung, daß, wenn in Italien, im 15. und 16. Jahrhundert, die streng geregelte Gartenkunst aufkam, welche man lange die französische genannt und der freien Landschaftsgärtnerei der Engländer entgegengestellt hat, die Ursache dieser früheren Neigung zu langweilig geregelten Anlagen in dem Wunsch zu suchen sei, nachzuahmen, was der jüngere Plinius in seinen Briefen beschrieben hatte.

[21] (S. 19.) Das verlorene Gedicht des Cäsar (Iter) beschrieb die Reise nach Spanien, als er zu seiner letzten Kriegsthat sein Heer, nach Sueton in 24, nach Strabo und Appian in 27 Tagen zu Lande von Rom nach Corduba führte, weil die Reste der in Afrika geschlagenen pompejanischen Partei sich in Spanien wieder gesammelt hatten.

[22] (S. 21.) Die jüdischen Essener führten zwei Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung ein Einsiedlerleben am westlichen Ufer des Toten Meeres, in Verkehr mit der Natur. Plinius sagt schön von ihnen (V, 15): „mira gens, socia palmarum“. Die Therapeuten wohnten ursprünglich, und in mehr klösterlicher Gemeinschaft, in einer anmutigen Gegend am See Möris.

[23] (S. 21.) Ueber den schönen Brief an Gregorius von Nazianz und über die poetische Stimmung des heil. Basilius s. Villemain, de l'éloquence chrétienne dans le quatrième siècle. in seinen Mélanges historiques et littéraires T. III, p. 320 bis 325. Der Iris, an dessen Ufern die Familie des großen Basilius alten Länderbesitz hatte, entspringt in Armenien, durchströmt die pontischen Landschaften und fließt, mit den Wassern des Lycus gemischt, in das Schwarze Meer.

[24] (S. 22.) Gregorius von Nazianz ließ sich jedoch nicht durch die Beschreibung der Einsiedelei des Basilius am Iris reisen; er zog Arianzus in der Tiberina Regio vor, obgleich sein Freund diesen Ort mürrisch ein unreines χάραδρον nennt.

[25] (S. 22.) Vergl. damit den Ausdruck der tiefsten Schwermut in dem schönen Gedichte des Gregorius von Nazianz unter der Ueberschrift: „Von der Natur des Menschen.“

[26] (S. 22.) Die im Texte citierte Stelle des Gregorius von Nyssa ist aus einzelnen hier wörtlich übersetzten Fragmenten zusammengetragen. Es finden sich dieselben in S. Gregorii Nysseni Opp. ed. Par. 1615. T. I, p. 49 C, p. 589 D, p. 210 C, p. 780 C; T. II. p. 860 B, p. 619 B, p. 619 D, p. 324 D. „Sei milde gegen die Regungen der Schwermut," sagt Thalassius in Denksprüchen, welche von seinen Zeitgenossen bewundert wurden.

[27] (S. 23.) Die Werke des Basilius und des Gregorius von Nazianz hatten schon früh, seitdem ich anfing Naturschilderungen zu sammeln, meine Aufmerksamkeit gefesselt, aber alle angeführten trefflichen Uebersetzungen von Gregorius von Nyssa, Chrysostomus und Thalassius verdanke ich meinem vieljährigen, mir immer so hilfreichen Kollegen und Freunde, Herrn Hase, Mitglied des Instituts und Konservator der königlichen Bibliothek zu Paris.

[28] (S. 23.) Ueber das Concilium Turonense unter Papst Alexander II. s. Ziegelbauer, hist. Rei litter. ordinis S. Benedicti T. III. p. 248 ed. 1754; über das Konzilium zu Paris von 1209 und die Bulle Gregors IX. vom Jahre 1231 s. Jourdain, recherches crit. sur les traductions d'Aristote 1819. p. 204—206. Es war das Lesen der physikalischen Bücher des Aristoteles mit strengen Strafen belegt worden. In dem Concilium Lateranense von 1139 wurde den Mönchen bloß die Ausübung der Medizin untersagt.

[29] (S. 24.) Die Benennung wird heute vielfach wieder angefochten. [D. Herausg.]

[30] (S. 25.) Aus der sehr frühen Zeit Karls des Großen ist noch die dichterische Schilderung des waldigen, wieseneinschließenden Tiergartens bei Aachen anzuführen in dem Leben des großen Kaisers von Angilbertus, Abt von St. Riquier.

[31] (S. 27.) Das ganze Urteil über das deutsche Volksepos und über den Minnegesang (im Text von S. 25 bis S. 27) habe ich einem Briefe von Wilhelm Grimm an mich (Okt. 1845) entlehnt. Aus einem sehr alten angelsächsischen Gedichte über die Namen der Runen, welches Hickes zuerst bekannt gemacht und das eine gewisse Verwandtschaft mit eddischen Liedern hat, schalte ich hier noch eine recht charakteristische Beschreibung der Birke ein: „Beorc ist in Aesten schön; an den Spitzen rauscht sie lieblich bewachsen mit Blättern von den Lüften bewegt." Einfach und edel ist die Begrüßung des Tages: „Tag ist des Herren Bote, teuer dem Menschen, herrliches Licht Gottes, Freude und Zuversicht Reichen und Armen, allen gedeihlich!"

[32] (S. 28.) Die Unechtheit der Lieder Ossians und des Macphersonschen Ossians insbesondere, von Talvj (1840), der geistreichen Uebersetzerin der serbischen Volkspoesien. Die erste Publikation des Ossian von Macpherson ist von 1760. Die finnianischen Lieder ertönen allerdings in den schottischen Hoch-

landen wie in Irland, aber sie sind nach O'Reilly und Drummond von Irland aus dahin übergetragen.

[33] (S. 29.) Ueber die indischen Waldeinsiedler, Vanaprasthen (sylvicolae) und Sramanen (ein Name, der in Sarmanen und Garmanen verstümmelt wurde), s. Lassen, de nominibus quibus veteribus appellantur Indorum philosophi im Rhein. Museum für Philologie 1833 S. 178—180. Wilhelm Grimm findet eine indische Färbung in der Waldbeschreibung, die der Pfaffe Lambrecht vor 1200 Jahren in seinem Alexanderliede gibt, das zunächst nach einem französischen Vorbilde gedichtet ist. Der Held kommt in einen wunderbaren Wald, wo aus großen Blumen übernatürliche, mit allen Reizen ausgeschmückte Mädchen hervorwuchsen. Er verweilte so lange bei ihnen, bis Blumen und Mädchen wieder hinwelkten. Das sind die Mädchen aus Edrisis östlichster Zauberinsel Vacvac, die ein Ausfuhrartikel sind und in der lateinischen Uebertragung des Masudi Chothbeddin puellae vasvakienses heißen.

[34] (S. 29.) Kalidasa, am Hofe des Vikramaditya, lebte ungefähr 56 Jahre vor unserer Zeitrechnung. Das Alter der beiden großen Heldengedichte, des Ramayana und Mahabharata, reicht sehr wahrscheinlich weit über die Erscheinung Buddhas, d. i. weit über die Mitte des sechsten Jahrhunderts v. Chr., hinauf. Georg Forster hat durch die Uebersetzung der Sakuntala, d. i. durch die geschmackvolle Verdeutschung einer englischen Uebertragung von William Jones (1791), viel zu dem Enthusiasmus beigetragen, welcher damals zuerst für indische Dichtkunst in unserem Vaterlande ausbrach. Ich erinnere gern an zwei schöne Distichen Goethes, die 1792 erschienen:

Willst du die Blüte des frühen, die Früchte des späteren Jahres;
Willst du, was reizt und entzückt, willst du, was sättigt und nährt;
Willst du den Himmel, die Erde mit einem Namen begreifen:
Nenn' ich, Sakontala, dich, und so ist alles gesagt.

[35] (S. 30.) Um das Wenige zu vervollständigen, was in dem Texte der indischen Litteratur entlehnt ist, und um (wie früher bei der griechischen und römischen Litteratur geschehen ist) die Quellen einzeln angeben zu können, schalte ich hier nach den freundlichen handschriftlichen Mitteilungen eines ausgezeichneten philosophischen Kenners der indischen Dichtungen, Herrn Theodor Goldstücker, allgemeinere Betrachtungen über das indische Naturgefühl ein:

„Unter allen Einflüssen, welche die geistige Entwickelung des indischen Volkes erfahren, scheint mir derjenige der erste und wichtigste, welchen die reiche Natur des Landes auf das Volk ausgeübt hat. Das tiefste Naturgefühl ist zu allen Zeiten der Grundzug des indischen Geistes gewesen. Drei Epochen lassen sich mit Bezug auf diese Weise angeben, in welcher sich dieses Naturgefühl offen-

bart hat. Jede derselben hat ihren bestimmten, im Leben und in der Tendenz des Volkes tiefbegründeten Charakter. Daher können wenige Beispiele hinreichen, um die fast dreitausendjährige Thätigkeit der indischen Phantasie zu bezeichnen. Die erste Epoche des Ausdrucks eines regen Naturgefühls offenbaren die Vedas. Aus dem Rigveda führen wir an die einfach erhabenen Schilderungen der Morgenröte und der „goldhändigen" Sonne. Die Verehrung der Natur war hier, wie bei anderen Völkern, der Beginn des Glaubens; sie hat aber in den Vedas die besondere Bestimmtheit, daß der Mensch sie stets in ihrem tiefsten Zusammenhange mit seinem eigenen äußeren und inneren Leben auffaßt. — Sehr verschieden ist die zweite Epoche. In ihr wird eine populäre Mythologie geschaffen; sie hat den Zweck, die Sagen der Vedas für das der Urzeit schon entfremdete Bewußtsein faßlicher auszubilden und mit historischen Ereignissen, die in das Reich der Mythe erhoben werden, zu verweben. Es fallen in diese zweite Epoche die beiden großen Heldengedichte Ramayana und Mahabharata, von denen das letztere, jüngere noch den Nebenzweck hat, die Brahmanenkaste unter den vieren, welche die Verfassung des alten Indiens konstituieren, zu der einflußreichsten zu machen. Darum ist das Ramayana auch schöner, an Naturgefühl reicher; es ist auf dem Boden der Poesie geblieben, und nicht genötigt gewesen, Elemente, die diesem fremd, ja fast widersprechend sind, aufzunehmen. In beiden Dichtungen ist die Natur nicht mehr, wie in den Vedas, das ganze Gemälde, sondern nur ein Teil desselben. Zwei Punkte unterscheiden die Auffassung der Natur in dieser Epoche der Heldengedichte wesentlich von derjenigen, welche die Vedas darthun; des Abstandes in der Form nicht zu gedenken, welcher die Sprache der Verehrung von der Sprache der Erzählung trennt. Der eine Punkt ist die Lokalisierung der Naturschilderung; der andere Punkt, mit dem ersten nahe verbunden, betrifft den Inhalt, um den sich das Naturgefühl bereichert hat. Die Sage, und zumal die historische, brachte es mit sich, daß Beschreibung bestimmter Oertlichkeiten an die Stelle allgemeiner Naturschilderung trat. Die Schöpfer der großen epischen Dichterformen, sei es Valmiki, der die Thaten Ramas besingt, seien es die Verfasser des Mahabharata, welche die Tradition unter dem Gesamtnamen Vyasa zusammenfaßt, alle zeigen sich beim Erzählen wie vom Naturgefühl überwältigt. Die Reise Ramas von Ayodhya nach der Residenzstadt Dschanakas, sein Leben im Walde, sein Aufbruch nach Lanka (Ceylon), wo der wilde Ravana, der Räuber seiner Gattin Sita, haust, bieten, wie das Einsiedlerleben der Panduiden, dem begeisterten Dichter Gelegenheit dar, dem ursprünglichen Triebe des indischen Gemütes zu folgen und an die Erzählung der Heldenthaten Bilder einer reichen Natur zu knüpfen. Ein anderer Punkt, in welchem sich in Hinsicht auf das Naturgefühl diese zweite Epoche von der der Vedas unterscheidet, betrifft den reicheren Inhalt der Poesie selbst. Dieser ist nicht mehr, wie dort, die Erscheinung der himm-

lischen Mächte, er umfaßt vielmehr die ganze Natur, den Himmelsraum und die Erde, die Welt der Pflanzen und Tiere in ihrer üppigen Fülle und in ihrem Einfluß auf das Gemüt des Menschen. — In der dritten Epoche der poetischen Litteratur Indiens (wenn wir die Puranen ausnehmen, welche die Aufgabe haben, das religiöse Element im Geiste der Sekten fortzubilden) übt die Natur die alleinige Herrschaft, aber der beschreibende Teil der Dichtkunst ist auf eine gelehrtere und örtliche Beobachtung gegründet. Um einige der großen Gedichte zu nennen, welche zu dieser Epoche gehören, erwähnen wir hier des Bhattikavya, d. i. des Gedichts von Bhatti, das gleich dem Ramayana die Thaten des Rama zum Gegenstande hat und in welchem erhabene Schilderungen des Waldlebens während einer Verbannung, des Meeres und seiner lieblichen Gestade wie des Morgenanbruchs in Lanka aufeinander folgen; des Sisupalabadha von Magha mit einer anmutigen Beschreibung der Tageszeiten des Naischada-tscharita von Sri Harscha, wo aber in der Geschichte des Nalus und der Damayanti der Ausdruck des Naturgefühls in das Maßlose übergeht. Mit diesem Maßlosen kontrastiert die edle Einfachheit des Ramayana, wenn z. B. Visvamitra seinen Zögling an die Ufer des Sona führt. Kalidasa, der gefeierte Dichter der Sakuntala, ist Meister in der Darstellung des Einflusses, welchen die Natur auf das Gemüt der Liebenden ausübt. Die Waldszene, die er in dem Drama Vikrama und Urvasi geschaffen, gehört zu den schönsten dichterischen Erzeugnissen, welche je eine Zeit hervorgebracht. In dem Gedichte der Jahreszeiten, besonders der Regenzeit und des Frühlings, wie in dem Wolkenboten (alles Schöpfungen des Kalidasa) ist der Einfluß der Natur auf die Gefühle des Menschen wieder der Hauptgegenstand der Komposition. Der Wolkenbote (Meghaduta), den Wilson und Gildemeister ediert, auch Wilson und Chézy übersetzt haben, schildert die Trauer eines Verbannten auf dem Berge Ramagiri. In der Sehnsucht nach der Geliebten, von welcher er getrennt ist, bittet er eine vorüberziehende Wolke, sie möge Nachricht von seinem Schmerze geben. Er bezeichnet der Wolke den Weg, welchen sie nehmen soll, und schildert die Landschaft, wie sie sich in einem tief aufgeregten Gemüte abspiegelt. Unter den Schätzen, welche die indische Poesie in dieser dritten Periode dem Naturgefühl des Volkes verdankt, gebührt dem Gitagovinda des Dschayadeva die rühmlichste Erwähnung. Wir besitzen von diesem Gedichte, einem der anmutigsten und schwierigsten der ganzen Litteratur, Rückerts meisterhafte rhythmische Uebersetzung; es gibt dieselbe mit bewundernswürdiger Treue den Geist des Originals und eine Naturauffassung wieder, deren Innigkeit alle Teile der großen Komposition belebt."

[36] (S. 30.) Den lange gehegten Irrtum, daß die Lehre Zarathustras eine dualistische sei, hat Dr. Julius Jolly widerlegt. [D. Herausg.]

[37] (S. 31.) Vergl. in Jos. von Hammer, Gesch. der schönen Redekünste Persiens, 1818, S. 96 Ewhadeddin Enweri aus dem 12. Jahrhundert, in dessen Gedichte an Schedschai man eine denkwürdige Anspielung auf die gegenseitige Attraktion der Himmelskörper entdeckt hat, S. 183 Dschelaleddin Rumi den Mystiker, S. 259 Dschelaleddin Adhad und S. 403 Feisi, welcher als Verteidiger der Brahmareligion an Akbars Hofe auftrat, und in dessen Ghaselen eine indische Zartheit der Gefühle wehen soll.

[38] (S. 31.) „Die Nacht bricht ein, wenn die Tintenflasche des Himmels umgestürzt ist;" dichtet geschmacklos Chodschah Abdullah Wassaf, der aber das Verdienst hat, die große Sternwarte von Meragha mit ihrem hohen Gnomon zuerst beschrieben zu haben. Hilali aus Asterabad läßt „die Mondscheibe vor Hitze glühen", und hält so den Tau für „den Schweiß des Mondes".

[39] (S. 32.) Tûirja oder Turan sind Benennungen unentdeckter Herleitung. Doch hat Burnouf scharfsinnig an die bei Strabo genannte baktrische Satrapie Turiua oder Turiva erinnert. Du Theil und Groskurd wollen aber Tapyria lesen.

[40] (S. 35.) Ich bin in den Psalmen der trefflichen Uebertragung von Moses Mendelssohn gefolgt. Edle Nachtklänge der althebräischen Poesie finden sich noch im elften Jahrhundert in den Hymnen des spanischen Synagogendichters Salomo ben Jehudah Gabirol, die eine dichterische Umschreibung des pseudoaristotelischen Buches von der Welt darbieten. Auch die dem Naturleben entnommenen Züge in Mose ben Jakob ben Esra sind voll Kraft und Größe.

[41] (S. 35.) Die Stellen aus dem Buche Hiob habe ich der Uebersetzung und Auslegung von Umbreit (1824) entlehnt. Die längste und am meisten charakteristische Tierbeschreibung im Hiob ist die des Krokodils; und doch ist gerade in dieser einer der Beweise enthalten, daß der Verfasser des Buchs Hiob aus Palästina selbst gebürtig war. Da Nilpferde und Krokodile ehemals im ganzen Nildelta gefunden wurden, so darf man sich nicht wundern, daß die Kenntnis von so seltsam gestalteten Tieren sich bis in das nahe Palästina verbreitet hatte.

[42] (S. 36.) Vergl. auch das poetische Werk: Amrilkais, der Dichter und König, übersetzt von Fr. Rückert 1843, S. 29 und 62: wo zweimal die südlichen Regenschauer überaus naturwahr geschildert sind. Der königliche Dichter besuchte, mehrere Jahre vor der Geburt Mohammeds, den Hof des Kaisers Justinian, um Hilfe gegen seine Feinde zu erbitten.

[43] (S. 36.) Hamasae carmina, ed. Freytag P. I, 1828, p. 788. „Es ist hier vollendet," heißt es ausdrücklich p. 796, „das Kapitel der Reise und der Schläfrigkeit."

[44] (S. 38.) Dante, Purgatorio canto I, v. 115:

L'alba vinceva l'ora mattutina,
Che fuggia innanzi, si che di lontano
Conobbi il tremolar della marina . . .

[45] (S. 38.) Purg. cant. V, v. 109—127;

Ben sai come nell' aer si raccoglie
Quell' umido vapor, che in acqua riede,
Tosto che sale, dove'l freddo il coglie . . .

[46] (S. 38.) Parad. canto XXX, v. 61—69:

E vidi lume in forma di riviera
Fulvido di fulgore intra duo rive,
Dipinte di mirabil primavera.
Di tal fiumana uscian faville vive,
E d'ogni parte si mettean ne' fiori,
Quasi rubin, che oro circonscrive.
Poi, come inebriate dagli odori,
Riprofondavan se nel miro gurge,
E s' una entrava, un' altra n'uscia fuori.

Ich habe nichts aus den Kanzonen der Vita nuova entlehnt, weil die Gleichnisse und Bilder, die sie enthalten, nicht in den reinen Naturkreis irdischer Erscheinungen gehören.

[47] (S. 38.) Ich erinnere an das Sonett des Bojardo: Ombrosa selva, che il mio duolo ascolti . . . und an die herrlichen Stanzen der Vittoria Colonna, welche anheben:

Quando miro la terra ornata e bella,
Di mille vaghi ed odorati fiori . . .

Eine schöne und sehr individuelle Naturbeschreibung des Landsitzes des Fracastoro am Hügel von Incassi (Mons Caphius) bei Verona gibt dieser, als Arzt, Mathematiker und Dichter ausgezeichnete Mann in seinem „Naugerius de poetica dialogus". Vergl. auch in einem seiner Lehrgedichte lib. II. v. 208—219 die anmutige Stelle über die Kultur des Citrus in Italien. Mit Verwunderung vermisse ich dagegen allen Ausdruck von Naturgefühl in den Briefen des Petrarca; sei es, daß er 1345, also drei Jahre vor dem Tode der Laura, von Vaucluse aus den Mont Ventoux zu besteigen versucht und sehnsuchtsvoll hofft in sein Vaterland hinüberzublicken, oder daß er die Rheinufer bis Köln, oder den Golf von Bajä besucht. Er lebte mehr in den klassischen Erinnerungen an Cicero und die römischen Dichter oder in den begeisternden Anregungen seiner asketischen Schwermut, als in der ihn umgebenden Natur. Nur die Beschreibung eines großen Sturmes, den Petrarca in Neapel 1343 beobachtete, ist überaus malerisch.

[48] (S. 42.) S. Friedrich Schlegels sämtliche Werke Bd. II, S. 96, und über den, freilich störenden Dualismus der Mythik, das Gemisch der alten Fabel mit christlichen Anschauungen

Bd. X, S. 54. Camoens hat in den nicht genug beachteten Stanzen 82—84 diesen mythischen Dualismus zu rechtfertigen versucht. Tethys gesteht auf eine fast naive Weise, doch in dem herrlichsten Schwunge der Poesie, „daß sie selbst, wie Saturn, Jupiter und alle: Götter Schar, eitle Fabeleien sind, die blinder Wahn den Sterblichen gebar; sie dienen bloß, dem Liede Reiz zu geben. A Sancta Providencia que em Jupiter aqui se representa . . ."

[49] (S. 42.) Os Lusiadas de Camões canto I, est. 19, canto VI, est. 71—82. S. auch das Gleichnis in der schönen Beschreibung des Sturmes, welcher in einem Walde wütet, canto I, est. 35.

[50] (S. 43.) Das Elmsfeuer: „o lume vivo, que a maritima gente tem por santo, em tempo de tormenta . . ." canto V, est. 18. Eine Flamme, Helena des griechischen Seevolks, bringt Unglück; zwei Flammen, Kastor und Pollux, mit Geräusch erscheinend, „als flatterten Vögel", sind heilsame Zeichen. Ueber den hohen Grad eigentümlicher Anschaulichkeit in den Naturbeschreibungen des Camoens s. die große Pariser Edition von 1818 in der Vida de Camões von Dom Joze Maria de Souza p. CII.

[51] (S. 43.) Die Wasserhose (Wettersäule) canto V, est. 19—22 ist zu vergleichen mit der ebenfalls sehr dichterischen und naturwahren Beschreibung des Lucretius VI, 423—442. Ueber das süße Wasser, welches gegen Ende des Phänomens scheinbar aus dem oberen Teil der Wasserhose herabstürzt, s. Ogden on Water Spouts (nach Beobachtungen auf einer im Jahre 1820 gemachten Reise von der Havana nach Norfolk), in Sillimans Amer. Journal of Science Vol. XXIX, 1836, p. 254—260.

[52] (S. 43.) Canto III. est. 7—21. Ich befolge immer den Text des Camoens der Editio princeps von 1572, welche die vortreffliche und splendide Ausgabe des Dom Joze Maria de Souza-Botelho (Paris 1818) uns wiedergegeben hat. In den deutschen Citaten bin ich meist der Uebertragung Donners (1833) gefolgt. Der Hauptzweck der Lusiaden des Camoens war die Verherrlichung seiner Nation. Es wäre ein Monument, eines solchen dichterischen Ruhmes und einer solchen Nation würdig, wenn nach dem edlen Beispiele der Säle von Schiller und Goethe im großherzoglichen Schlosse zu Weimar, in Lissabon selbst die zwölf grandiosen Kompositionen meines hingeschiedenen geistreichen Freundes Gérard, welche Souzas Ausgabe schmücken, in recht beträchtlichen Dimensionen als Fresken an wohl beleuchteten Wänden ausgeführt würden. Das Traumgesicht des Königs Dom Manoel, in welchem ihm die Flüsse Indus und Ganges erscheinen, der Gigant Adamastor über dem Vorgebirge der guten Hoffnung schwebend („Eu sou aquelle occulto e grande Cabo. A quem chamais vós outros Tormentorio"), der Mord der Ignes de Castro und die liebliche Ilha de Venus würden von der herrlichsten Wirkung sein.

[53] (S. 43). Camoens nennt wie Vespucci die dem Südpol

nächste Himmelsgegend sternenarm; auch kennt er das Eis der südlichen Meere.

[54] (S. 44.) Die ganze Insel Ilha de Venus ist eine allegorische Mythe, wie est. 89 ausdrücklich angedeutet wird. Nur der Anfang der Erzählung des Traumes von Dom Manoel schildert eine indische Berg- und Waldgegend.

[55] (S. 45.) Aus Vorliebe für die alte spanische Litteratur und für den reizenden Himmelsstrich, in welchem die Araucana des Alonso de Ercilla y Zuñiga gedichtet wurde, habe ich gewissenhaft das leider 42 000 Verse lange Epos zweimal ganz gelesen, einmal in Peru, das andere Mal neuerlichst in Paris; als ich zur Vergleichung mit dem Ercilla durch die Güte eines gelehrten Reisenden, Herrn Ternaux Compans, ein sehr seltenes, 1596 in Lima gedrucktes Buch, die neunzehn Gesänge des Araueo domado, compuesto por el Licenciado Pedro de Oña, natural de los Infantes de Engol en Chile, erhielt. Von dem Epos des Ercilla, in dem Voltaire eine „Ilias", Sismondi eine „Zeitung in Reimen" zu sehen glauben, sind die ersten fünfzehn Gesänge zwischen 1555 und 1563 gedichtet und schon 1569 erschienen; die letzten wurden erst 1590 gedruckt, nur sechs Jahre vor dem elenden Gedichte von Pedro de Oña, das denselben Titel führt als eines der dramatischen Meisterwerke des Lope de Vega, in welchem aber der Cacique Caupolican wieder die Hauptrolle spielt. Ercilla ist naiv und treuherzig, besonders in den Teilen seiner Komposition, die er im Felde, aus Mangel an Papier, auf Baumrinde und Tierfelle schrieb. Die Schilderung seiner Dürftigkeit und des Undanks, welchen auch er an König Philipps Hofe erfuhr, ist überaus rührend, besonders am Schluß des 37. Gesanges:

„Climas passè, mudè constelaciones,
Golfos inavegables navegando,
Estendiendo, Señor, Vuestra Corona
Hasta la austral frigida zona . . ."

„Die Blütenzeit meines Lebens ist dahin; ich werde, spät belehrt, dem Irdischen entsagen, weinen und nicht mehr singen." Die Naturbeschreibungen (der Garten des Zauberers, der Sturm, den Eponamon erregt, die Schilderung des Meeres) entbehren alles Naturgefühls; die geographischen Wortregister sind so gehäuft, daß in einer Ottave 27 Eigennamen unmittelbar aufeinander folgen. Die Parte II, der Araucana ist nicht von Ercilla, sondern eine Fortsetzung in 20 cantos von Diego de Santistevan Osorio, den 37 cantos des Ercilla folgend und diesen angeheftet.

[56] (S. 45.) Im Romancero de Romances caballerescos é historicos, ordenado por D. Augustin Duran P. I, p. 189 und P. II. 237 erinnere ich an die schönen Strophen: Yba declinando el dia — Su curso y ligeras horas . . . und an die Flucht des Königs Rodrigo, welche beginnt:

Quando las pintadas aves
Mudas estan y la tierra
Atenta escucha los rios . . .

[57] (S. 45.) Fray Luis de Leon, Obras proprias y traducciones dedicadas á Don Pedro Portocarrero, 1681, p. 120: Noche serena. Ein tiefes Naturgefühl offenbart sich bisweilen auch in den alten mystischen Poesien der Spanier (Fray Luis de Granada, Santa Teresa de Jesus, Malon de Chaide); aber die Naturbilder sind meist nur die Hülle, in der ideale religiöse Anschauungen symbolisiert sind.

[58] (S. 46.) Was in dem Texte, im Urteil über Calderon und Shakespeare, von Anführungszeichen begleitet ist, habe ich aus einem ungedruckten an mich gerichteten Briefe von Ludwig Tieck entlehnt.

[59] (S. 48.) Dies ist die Zeitfolge, nach welcher die Werke erschienen sind: Jean Jacques Rousseau 1759 (Nouvelle Héloise), Buffon 1778 (Epoques de la Nature, aber die Histoire Naturelle schon 1749—1767); Bernardin de St. Pierre: Etudes de la Nature 1784, Paul et Virginie 1788, Chaumière indienne 1791; Georg Forster, Reise nach der Südsee 1777, kleine Schriften 1794. Mehr als ein halbes Jahrhundert vor dem Erscheinen der Nouvelle Héloise hatte schon Madame de Sévigné in ihren anmutigen Briefen die Lebendigkeit eines Naturgefühls offenbart, das in dem großen Zeitalter von Ludwig XIV. sich so selten aussprach. Vergl. die herrlichen Naturschilderungen in den Briefen vom 20. April, 31. Mai, 15. August, 16. September und 6. November 1671, vom 23. Oktober und 28. Dezember 1689. — Wenn ich später im Texte des alten deutschen Dichters Paul Flemming erwähnt habe, der von 1633 bis 1639 Adam Olearius auf seiner moskowitischen und persischen Reise begleitete, so ist es, weil nach dem gewichtigen Ausspruche meines Freundes Varnhagen von Ense „der Charakter von Flemmings Dichtungen eine gesunde und frische Kraft ist", weil seine Naturbilder zart und voll Leben sind.

[60] (S. 50.) Brief des Admirals aus Jamaika vom 7. Juli 1503: „El mundo es poco; digo que el mundo no es tan grande como dice el vulgo." (Navarrete, colleccion de Viages esp. T. I, p. 300.)

[61] (S. 56.) Ein Teil der Werke des Polygnot und des Mikon (das Gemälde der Schlacht von Marathon in der Pötile zu Athen) wurde nach dem Zeugnisse des Himerius noch am Ende des 4. Jahrhunderts (nach dem Anfange unserer Zeitrechnung) gesehen; diese Werke waren damals also gegen 850 Jahre alt.

[62] (S. 56.) Philostratorum Imagines, ed. Jacobs und Welcker 1825, p. 79 und 485. Beide gelehrte Herausgeber verteidigen gegen ältere Verdächtigung die Wahrhaftigkeit der Gemäldebeschreibung in der alten neapolitanischen Pinakothek. Otfried Müller

vermutet, daß Philostrats Gemälde der Inseln wie die der Sumpfgegend, des Bosporus und der Fischer in der Darstellung viel Aehnlichkeit mit der Mosaik von Palestrina hatten. Auch Plato erwähnt im Eingange des Critias der Landschaftmalerei: wie sie Berge, Flüsse und Waldungen darstellt.

[63] (S. 57.) Ludius qui primus(?) instituit amoenissimam parietum picturam, Plin. XXXV. 10. Die topiaria opera des Plinius und varietates topiorum des Vitruvius waren kleine landschaftliche Dekorationsgemälde. — Die im Text citierte Stelle des Kalidasa steht in Sakuntala Akt VI (Böhtlingks Uebers. 1842, S. 90).

[64] (S. 57.) Da früher im Texte des Kosmos der in Pompeji und Herkulaneum aufgefundenen Malereien gedacht worden ist, als einer Kunst, die der freien Natur wenig zugewandt war, so muß ich hier doch einige wenige Ausnahmen bezeichnen, welche durchaus als Landschaften im modernen Sinne des Wortes gelten können. S. Pitture d'Ercolano Vol. II, Tab. 45, Vol. III, Tab. 53 und, als Hintergrund in reizenden historischen Kompositionen, Vol. IV, Tab. 61, 62 und 63. Ich erwähne nicht der merkwürdigen Darstellung in den Monumenti dell' Instituto di Corrispondenza archeologica Vol. III, Tab. 9, deren antike Echtheit schon von einem scharfsinnigen Archäologen, Raoul-Rochette, bezweifelt worden ist.

[65] (S. 57.) Gegen die Behauptung von du Theil, daß Pompeji noch mit Glanz unter Hadrian bestanden und erst am Ende des 5. Jahrhunderts völlig zerstört worden sei, s. Adolf von Hoff, Geschichte der Veränderungen der Erdoberfläche T. II, 1824, S. 195—199.

[66] (S. 58.) S. Waagen, Kunstwerke und Künstler in England und Paris T. III, 1839, S. 195—201, und besonders S. 217—224, wo das berühmte Psalterium der Pariser Bibliothek (aus dem 10. Jahrhundert) beschrieben wird, welches beweist, wie lange in Konstantinopel sich „die antike Auffassungsweise" erhalten hat. Den freundschaftlichen und leitenden Mitteilungen dieses tiefen Kunstkenners (des Professor Waagen, Direktors der Gemäldegalerie in meiner Vaterstadt) habe ich zur Zeit meiner öffentlichen Vorträge im Jahre 1828 interessante Notizen über die Kunstgeschichte nach der römischen Kaiserzeit verdankt. Was ich später über die allmähliche Entwickelung der Landschaftmalerei aufgeschrieben, teilte ich im Winter 1835 dem berühmten, leider uns so früh entrissenen Verfasser der italienischen Forschungen, Freiherrn von Rumohr in Dresden, mit. Ich erhielt von dem edel mitteilenden Manne eine große Zahl historischer Erläuterungen, die er mir sogar, wenn es nach der Form meines Werkes geschehen könnte, vollständig zu veröffentlichen erlaubte.

[67] (S. 59.) „Im Belvedere des Vatikan malte schon Pinturicchio Landschaften als selbständige Verzierung; sie waren reich und kom-

poniert. Er hat auf Rafael eingewirkt, in dessen Bildern viele landschaftliche Seltsamkeiten nicht von Perugino abzuleiten sind. Bei Pinturicchio und bei dessen Freunden finden sich auch schon die sonderbaren spitzigen Bergformen, welche Sie früher in Ihren Vorlesungen geneigt waren von den, durch Leopold von Buch so berühmt gewordenen, tiroler Dolomitkegeln, abzuleiten, die auf reisende Künstler bei dem steten Verkehr zwischen Italien und Deutschland konnten Eindruck gemacht haben. Ich glaube vielmehr, daß diese Kegelformen auf den frühesten italienischen Landschaften entweder sehr alte konventionelle Uebertragungen sind aus Bergandeutungen in antiken Reliefs und musivischen Arbeiten, oder daß sie als ungeschickt verkürzte Ansichten des Soralte und ähnlicher isolierter Gebirge in der Campagna di Roma betrachtet werden müssen." (Aus einem Briefe von Karl Friedrich von Rumohr an mich im Oktober 1832.) — Um die Kegel- und Spitzberge näher zu bezeichnen, von denen hier die Rede ist, erinnere ich an die phantastische Landschaft, welche in Leonardo da Vincis allgemein bewundertem Bilde der Mona Lisa (Gemahlin des Francesco del Giocondo) den Hintergrund bildet. — Unter denen, welche in der niederländischen Schule die Landschaft vorzugsweise als eine eigene Gattung ausgebildet haben, sind noch Pateniers Nachfolger Herry de Bles, wegen seines Tiermonogramms Civetta genannt, und später die Brüder Matthäus und Paul Bril zu erwähnen, die bei ihrem Aufenthalte in Rom große Neigung zu diesem abgesonderten Zweige der Kunst erweckten. In Deutschland behandelte Albrecht Altdorfer, Dürers Schüler, die Landschaftmalerei noch etwas früher und mit größerem Erfolge als Patenier.

[68] (S. 59.) Gemalt für die Kirche San Giovanni e Paolo zu Venedig.

[69] (S. 60.) Wilhelm von Humboldt, gesammelte Werke Bd. IV, S. 37. Vergl. auch über die verschiedenen Stadien des Naturlebens und die durch die Landschaft hervorgerufenen Gemütsstimmungen Carus in seinen geistreichen Briefen über die Landschaftmalerei, 1831, S. 45.

[70] (S. 60.) Das große Jahrhundert der Landschaftmalerei vereinigte: Johann Breughel 1569—1625, Rubens 1577—1640, Domenichino 1581—1641, Philippe de Champaigne 1602—1674, Nicolas Pouſſin 1594—1655, Gaspard Pouſſin (Dughet) 1613 bis 1675, Claude Lorrain 1600—1682, Albert Cuyp 1606—1672, Jan Both 1610—1650, Salvator Rosa 1615—1673, Everdingen 1621—1675, Nikolaus Berghem 1624—1683, Swanevelt 1620 bis 1690, Ruysdael 1635—1681, Minderhoot Hobbema, Jan Wynants, Adriaan van de Velde 1639—1672, Karl Dujardin 1644—1687.

[71] (S. 60.) Wunderbar phantastische Darstellungen der Dattelpalme, die in der Mitte der Laubkrone einen Knopf haben, zeigt mir ein altes Bild von Cima da Conegliano aus der Schule des Bellino (Dresdner Galerie 1835, Nr. 40).

[72] (S. 61.) Franz Post oder Poost war zu Harlem 1620 geboren. Er starb daselbst 1680. Sein Bruder begleitete ebenfalls den Grafen Moritz von Nassau als Architekt. Von den Gemälden waren einige, die Ufer des Amazonenstroms darstellend, in der Bildergalerie von Schleisheim zu sehen; andere sind in Berlin, Hannover und Prag. Die radierten Blätter (in Barläus, Reise des Prinzen Moritz von Nassau und in der königlichen Sammlung der Kupferstiche zu Berlin) zeugen von schönem Naturgefühl in Auffassung der Küstenform, der Beschaffenheit des Bodens und der Vegetation. Sie stellen dar: Musaceen, Kaktus, Palmen, Ficusarten mit den bekannten bretterartigen Auswüchsen am Fuß des Stammes, Rhizophora und baumartige Gräser. Die malerische brasilianische Reise endigt sonderbar genug mit einem deutschen Kiefernwalde, der das Schloß Dillenburg umgibt. — Die früher im Texte gemachte Bemerkung über den Einfluß, den die Gründung botanischer Gärten in Oberitalien gegen die Mitte des 16. Jahrhunderts auf die physiognomische Kenntnis tropischer Pflanzengestaltung kann ausgeübt haben, veranlaßt mich, in dieser Note an die wohlbegründete Thatsache zu erinnern, daß der für die Belebung der aristotelischen Philosophie und der Naturkunde gleich verdiente Albertus Magnus im 13. Jahrhundert im Dominikanerkloster zu Köln wahrscheinlich ein warmes Treibhaus besaß. Der berühmte, schon wegen seiner Sprechmaschine der Zauberkunst verdächtige Mann gab nämlich am 6. Januar 1249 dem römischen Könige Wilhelm von Holland bei seiner Durchreise ein Fest in einem weiten Raume des Klostergartens, in dem er bei angenehmer Wärme Fruchtbäume und blühende Gewächse den Winter hindurch unterhielt. Die Erzählung dieses Gastmahls, ins Wunderbare übertrieben, findet sich in der Chronica Joannis de Beka aus der Mitte des 14. Jahrhunderts. Obgleich die Alten, wie einzelne Beispiele aus den pompejanischen Ausgrabungen lehren, Glasscheiben in Gebäuden anwendeten, so ist bisher doch wohl nichts aufgefunden worden, was in der antiken Kunstgärtnerei den Gebrauch von erwärmten Glas- und Treibhäusern bezeugte. Die Wärmeleitung der caldaria in Bädern hätte auf Anlegung solcher Treibereien und der Gewächshäuser leiten können, aber bei der Kürze des griechischen und italienischen Winters wurde das Bedürfnis der künstlichen Wärme im Gartenbau weniger gefühlt. Die Adonisgärten (κῆποι Ἀδώνιδος), für den Sinn des Adonisfestes so bezeichnend, waren nach Böckh „Pflanzungen in kleinen Töpfen, die ohne Zweifel den Garten darstellen sollten, in welchem Aphrodite sich zum Adonis gesellte, dem Symbol der schnell hinwelkenden Jugendblüte, des üppigen Wachstums und des Vergehens. Die Adonien waren also ein Trauerfest der Weiber, eines jener Feste, durch welche das Altertum die hinsterbende Natur betrauerte. Wie wir von Treibhauspflanzen reden im Gegensatze des Naturwüchsigen, so haben die Alten oft sprichwörtlich das Wort Adonisgarten gebraucht, um damit schnell Emporgesprossenes,

aber nicht zu tüchtiger Reife und Dauer Gediehenes zu bezeichnen. Die Pflanzen, nicht vielfarbige Blumen, nur Lattich, Fenchel, Gerste und Weizen, wurden mit emsiger Pflege zu schnellem Wachstum gebracht, auch nicht im Winter, sondern im vollen Sommer, und in einer Zeit von acht Tagen." Creuzer glaubt indes, daß zur Beschleunigung des Wachstums der Pflanzen in den Adonisgärtchen „starke natürliche, und auch wohl künstliche Wärme im Zimmer angewendet wurde". — Der Klostergarten des Dominikanerklosters in Köln erinnert übrigens an ein grönländisches oder isländisches Kloster des heil. Thomas, dessen immer schneeloser Garten durch natürliche heiße Quellen erwärmt war, wie die Fratelli Zeni in ihren, freilich der geographischen Oertlichkeit nach sehr problematischen Reisen (1388—1404) berichten. — In unseren botanischen Gärten scheint die Anlage eigentlicher Treibhäuser viel neuer zu sein, als man gewöhnlich glaubt. Reife Ananas wurden erst am Ende des 17. Jahrhunderts erzielt; ja Linné behauptet sogar in der Musa Clifortiana florens Hartecampi, daß man Pisang in Europa zum erstenmal zu Wien im Garten des Prinzen Eugen 1731 habe blühen sehen.

[73] (S. 62.) Diese Ansichten der Tropenvegetation, welche die Physiognomik der Gewächse charakterisieren, bilden in dem königl. Museum zu Berlin (Abteilung der Miniaturen, Handzeichnungen und Kupferstiche) einen Kunstschatz, der seiner Eigentümlichkeit und malerischen Mannigfaltigkeit nach bisher mit keiner anderen Sammlung verglichen werden kann. Des Freiherrn von Kittlitz edierte Blätter führen den Titel: Vegetationsansichten der Küstenländer und Inseln des Stillen Ozeans, aufgenommen 1827—1829 auf der Entdeckungsreise der kais. russ. Korvette Senjäwin (Siegen 1844). Von einer großen Naturwahrheit zeugen auch die Zeichnungen von Karl Bodmer, welche, meisterhaft gestochen, eine Zierde des großen Reisewerkes des Prinzen Maximilian zu Wied in das Innere von Nordamerika sind.

[74] (S. 67.) Dieser Wunsch ist durch die in den meisten Großstädten Europas erbauten Panoramen zu freilich noch sehr geringem Teile verwirklicht worden. — [D. Herausg.]

[75] (S. 70.) Diodor II, 12. Er gibt aber dem berühmten Garten der Semiramis nur 12 Stadien im Umkreise. Die Paßgegend des Bagistanos heißt noch der Bogen oder Umfang des Gartens, Tauk-i bostan.

[76] (S. 71.) Im Schahnameh des Firdusi heißt es: „Eine schlanke Cypresse, dem Paradiese entsprossen, pflanzte Zerduscht vor die Thür des Feuertempels (zu Kischmer in Chorasan). Geschrieben hatte er auf diese hohe Cypresse: Guschtasp habe angenommen den guten Glauben; ein Zeuge ward somit der schlanke Baum; so verbreitet Gott die Gerechtigkeit. Als viele Jahre darüber verflossen waren, entfaltete sich die hohe Cypresse und ward so groß,

daß das Jagen Jemandem zum Umfang wird. [illegible] Als [illegible] Gipfel vielfaches Gezweige umgab, umschloß er sie mit einem Palast von reinem Golde ... und ließ ausbreiten in der Welt: Wo auf Erden gibt es eine Cypresse wie die vom Hügel? Auf dem Paradiese sandte sie mir Gott und sprach: Neige dich von dort zum Paradiese." (Als der Kalif Motawakkil die den Magiern heilige Cypresse abhauen ließ, soll man sie in Alter von 1400 Jahren [illegible] Die ursprüngliche Heimat der Cypresse (arab. Ararholz, persisch sarw kuhi) kommt die Prädikat von Indien wurde von Forst in Sam.

[illegible] (S. 71.) Achill. Tat. I. 25: Longus, Past. IV. p. 108 Seiler. Gesenius (Thes. linguae hebr. T. II. p. 1124) teilt sehr richtig die Ansicht auf, daß das Wort Paradies ursprünglich der altpersischen Sprache angehört habe, in der neupersischen Sprache ist [illegible] vollständig verloren gegangen. Indessen möglich sein, [illegible] Name selbst daher angenommen bedeutet für gewöhnlich nur das Wortes Lehrbuch; aber für den altpersischen Ursprung sprechen sehr ausdrücklich Stellen im Onomast. IX. 3 und Xenophon Oecon. 4. 13 und 21; Anab. I. 2. 7 und I. 4. 10; Cyrop. I. 4. 5. Als Vaterstamm oder Wurzel ist wahrscheinlich aus dem Persischen das Wort in das hebräische [illegible] Arabische Sprache. Über Zend-Pers. Sprache und Armenische [illegible] Die Ableitung des persischen Wortes aus dem Semitischen [illegible] persischen Bestandteile, Jagend eine Umfang, wurde Benfey, Bohlen und Gesenius auch schon anführen, trifft der Form nach vollkommen, der Bedeutung nach aber wenig zu." — [illegible]

[illegible] (S. 72.) Jacob von Lutter Lustan. Bemerkungen über Landschaftsgärtnerei. 1814; enthält [illegible] [illegible] Schilderungen der alten und neuen englischen Parks und der ägyptischen Gärten von Schubra.

[illegible] (S. 73.) Noch ein Beispiel, wenn man die Mannigfaltigkeit der in Ostasien seit so vielen Jahrhunderten kultivierten Obstsorten mit dem Mangel [illegible] Gemüsen in seinem nüchternen Gedichte de cultu hortorum aufhebt, und auf welches in Athen die berühmtesten Ackerbauvölker [illegible] waren. Ich meine den Kohlmarkt [illegible] in Alexandria, das Sprichwort vom Kamelfleisch und Gemüsekultur bei den Kamelzüchtern [illegible]

B.

Geschichte der physischen Weltanschauung.

Hauptmomente der allmählichen Entwickelung und Erweiterung des Begriffs vom Kosmos, als einem Naturganzen.

Die Geschichte der physischen Weltanschauung ist die Geschichte der Erkenntnis eines Naturganzen, die Darstellung des Strebens der Menschheit, das Zusammenwirken der Kräfte in dem Erd- und Himmelsraume zu begreifen; sie bezeichnet demnach die Epochen des Fortschrittes in der Verallgemeinerung der Ansichten, sie ist ein Teil der Geschichte unserer Gedankenwelt, insofern dieser Teil sich auf die Gegenstände sinnlicher Erscheinung, auf die Gestaltung der geballten Materie und die ihr inwohnenden Kräfte bezieht.

In dem ersten Teile dieses Werkes, in dem Abschnitt über die Begrenzung und wissenschaftliche Behandlung einer physischen Weltbeschreibung, glaube ich deutlich entwickelt zu haben, wie die einzelnen Naturwissenschaften sich zur Weltbeschreibung, d. h. zur Lehre vom Kosmos (vom Weltganzen), verhalten; wie diese Lehre aus jenen Disziplinen nur die Materialien zu ihrer wissenschaftlichen Begründung schöpfe. Die Geschichte der Erkenntnis des Weltganzen, zu welcher ich hier die leitenden Ideen darlege und welche ich der Kürze wegen bald Geschichte des Kosmos, bald Geschichte der physischen Weltanschauung nenne, darf also nicht verwechselt werden mit der Geschichte der Naturwissenschaften, wie sie mehrere unserer vorzüglichsten Lehrbücher der Physik oder die der Morphologie der Pflanzen und Tiere liefern.

Um Rechenschaft von der Bedeutung dessen zu geben, was hier unter den Gesichtspunkt einzelner historischer Momente

zusammenzustellen ist, scheint es am geeignetsten, beispielsweise aufzuführen, was nach dem Zweck dieser Blätter behandelt oder ausgeschlossen werden muß. In die Geschichte des Naturganzen gehören die Entdeckungen des zusammengesetzten Mikroskops, des Fernrohrs und der farbigen Polarisation, weil sie Mittel verschafft haben, das, was allen Organismen gemeinsam ist, aufzufinden; in die fernsten Himmelsräume zu dringen und das erborgte reflektierte Licht von dem selbstleuchtender Körper zu unterscheiden, d. i. zu bestimmen, ob das Sonnenlicht aus einer festen Masse oder aus einer gasförmigen Umhüllung ausstrahle. Die Aufzählung der Versuche aber, welche seit Huygens allmählich auf Aragos Entdeckung der farbigen Polarisation geleitet haben, werden der Geschichte der Optik vorbehalten. Ebenso verbleibt der Geschichte der Phytognosie oder Botanik die Entwickelung der Grundsätze, nach denen die Masse vielgestalteter Gewächse sich in Familien aneinander reihen läßt, während die Geographie der Pflanzen, oder die Einsicht in die örtliche und klimatische Verteilung der Vegetation über den ganzen Erdkörper, über die Feste und das algenreiche Becken der Meere, einen wichtigen Abschnitt in der Geschichte der physischen Weltanschauung ausmacht.

Die denkende Betrachtung dessen, was die Menschen zur Einsicht eines Naturganzen geführt hat, ist ebensowenig die ganze Kulturgeschichte der Menschheit, als sie, wie wir eben erinnert haben, eine Geschichte der Naturwissenschaften genannt werden kann. Allerdings ist die Einsicht in den Zusammenhang der lebendigen Kräfte des Weltalls als die edelste Frucht der menschlichen Kultur, als das Streben nach dem höchsten Gipfel, welchen die Vervollkommnung und Ausbildung der Intelligenz erreichen kann, zu betrachten; aber das, wovon wir hier Andeutungen geben, ist nur ein Teil der Kulturgeschichte selbst. Diese umfaßt gleichzeitig, was den Fortschritt der einzelnen Völker nach allen Richtungen erhöhter Geistesbildung und Sittlichkeit bezeichnet. Wir gewinnen nach einem eingeschränkteren physikalischen Gesichtspunkte der Geschichte des menschlichen Wissens nur eine Seite ab, wir heften vorzugsweise den Blick auf das Verhältnis des allmählich Ergründeten zum Naturganzen; wir beharren minder bei der Erweiterung der einzelnen Disziplinen als bei Resultaten, welche einer Verallgemeinerung fähig sind oder kräftige materielle Hilfsmittel zu genauerer Beobachtung der Natur in verschiedenen Zeitaltern geliefert haben.

Vor allem müssen sorgfältig ein frühes *Ahnen* und ein wirkliches *Wissen* scharf voneinander getrennt werden. Mit der zunehmenden Kultur des Menschengeschlechtes geht von dem ersten vieles in das zweite über, und ein solcher Uebergang verdunkelt die Geschichte der Erfindungen. Eine sinnige, ideelle Vertnüpfung des früher Ergründeten leitet oft fast unbewußt das Ahnungsvermögen und erhöht dasselbe wie durch eine begeistigende Kraft. Wie manches ist bei Indern und Griechen, wie manches im Mittelalter über den Zusammenhang von Naturerscheinungen ausgesprochen worden; erst unerwiesen und mit dem Unbegründetsten vermengt, aber in späterer Zeit auf sichere Erfahrung gestützt und dann wissenschaftlich erkannt! Die ahnende Phantasie, die allbelebende Thätigkeit des Geistes, welche in Plato, in Kolumbus, in Kepler gewirkt, darf nicht angeklagt werden, als habe sie in dem Gebiet der Wissenschaft nichts geschaffen, als müsse sie notwendig ihrem Wesen nach von der Ergründung des Wirklichen abziehen.

Da wir die *Geschichte der physischen Weltanschauung* als die *Geschichte der Erkenntnis eines Naturganzen*, gleichsam als die Geschichte des Gedankens von der Einheit in den Erscheinungen und von dem Zusammenwirken der Kräfte im Weltall, definiert haben, so kann die *Behandlungsweise* dieser Geschichte nur in der Aufzählung dessen bestehen, wodurch der Begriff von der Einheit der Erscheinungen sich allmählich ausgebildet hat. Wir unterscheiden in dieser Hinsicht: 1) das selbständige Streben der Vernunft nach Erkenntnis von Naturgesetzen, also eine denkende Betrachtung der Naturerscheinungen; 2) die Weltbegebenheiten, welche plötzlich den Horizont der Beobachtung erweitert haben; 3) die Erfindung neuer Mittel sinnlicher Wahrnehmung, gleichsam die Erfindung neuer Organe, welche den Menschen mit den irdischen Gegenständen wie mit den fernsten Welträumen in näheren Verkehr bringen, welche die Beobachtung schärfen und vervielfältigen. Dieser dreifache Gesichtspunkt muß uns leiten, wenn wir die Hauptepochen (Hauptmomente) bestimmen, welche die Geschichte der *Lehre vom Kosmos* zu durchlaufen hat. Um das Gesagte zu erläutern, wollen wir hier wiederum solche Beispiele anführen, die die Verschiedenheit der Mittel charakterisieren, durch welche die Menschheit allmählich zum intellektuellen Besitz von einem großen Teile der Welt gelangt ist; Beispiele von erweiterter *Natur-*

kenntnis, von großen Begebenheiten und von der Erfindung neuer Organe.

Die Kenntnis der Natur, als älteste Physik der Hellenen, war mehr aus inneren Anschauungen, aus der Tiefe des Gemüts als aus der Wahrnehmung der Erscheinungen geschöpft. Die Naturphilosophie der ionischen Physiologen ist auf den Urgrund des Entstehens, auf den Formenwechsel eines einigen Grundstoffes gerichtet; in der mathematischen Symbolik der Pythagoräer, in ihren Betrachtungen über Zahl und Gestalt offenbart sich dagegen eine Philosophie des Maßes und der Harmonie. Indem die dorisch-italische Schule überall numerische Elemente sucht, hat sie von dieser Seite, durch eine gewisse Vorliebe für die Zahlenverhältnisse, die sie im Raum und in der Zeit erkennt, gleichsam den Grund zur späteren Ausbildung unserer Erfahrungswissenschaften gelegt. Die Geschichte der Weltanschauung, wie ich sie auffasse, bezeichnet nicht sowohl die oft wiederkehrenden Schwankungen zwischen Wahrheit und Irrtum als die Hauptmomente der allmählichen Annäherung an die Wahrheit, an die richtige Ansicht der irdischen Kräfte und des Planetensystems. Sie zeigt uns, wie die Pythagoräer, nach dem Berichte des Philolaus aus Croton, die fortschreitende Bewegung der nicht rotierenden Erde, ihren Kreislauf um den Weltherd (das Centralfeuer, Hestia) lehrten, wenn Plato und Aristoteles sich die Erde weder als rotierend noch fortschreitend, sondern als unbeweglich im Mittelpunkt schwebend vorstellten. Hicetas von Syrakus, der mindestens älter als Theophrast ist, Heraklides Pontikus und Ekphantus kannten die Achsendrehung der Erde; aber nur Aristarch von Samos und besonders Seleukus der Babylonier, anderthalb Jahrhunderte nach Alexander, wußten, daß die Erde nicht bloß rotiere, sondern sich zugleich auch um die Sonne, als das Centrum des ganzen Planetensystems, bewege. Kehrte auch in den dunkeln Zeiten des Mittelalters durch christlichen Fanatismus und den herrschend bleibenden Einfluß des ptolemäischen Systems der Glaube an die Unbeweglichkeit der Erde zurück, wurde auch ihre Gestalt bei dem alexandrinischen Cosmas Indicopleustes wieder die Scheibe des Thales, so hatte dagegen ein deutscher Kardinal, Nikolaus de Cuß, zuerst die Geistesfreiheit und den Mut, fast hundert Jahre vor Kopernikus, unserem Planeten zugleich wieder die Achsendrehung und die fortschreitende Bewegung zuzuschreiben. Nach

Kopernikus war Tychos Lehre allerdings ein Rückschritt, aber ein Rückschritt von kurzer Dauer. Sobald eine große Masse genauer Beobachtungen, zu der Tycho selbst reichlich beigetragen, angesammelt war, konnte die richtige Ansicht des Weltbaues nicht auf lange verdrängt bleiben. Wir haben hier gezeigt, wie die Periode der Schwankungen vorzüglich die der Ahnungen, und naturphilosophischen Phantasieen gewesen ist.

Nach der vervollkommneten Kenntnis der Natur, als einer gleichzeitigen Folge unmittelbarer Beobachtung und ideeller Kombinationen, haben wir oben der Aufzählung großer Begebenheiten gedacht, d. i. solcher, durch welche der Horizont der Weltanschauung räumlich erweitert wurde. Zu diesen Begebenheiten gehören Völkerwanderungen, Schiffahrt und Heerzüge. Sie haben von der natürlichen Beschaffenheit der Erdoberfläche (Gestaltung der Kontinente, Richtung der Gebirgsjoche, relativen Anschwellung der Hochebenen) Kunde verschafft, ja in weiten Länderstrecken Material zur Ergründung allgemeiner Naturgesetze dargeboten. Es bedarf bei diesen historischen Betrachtungen nicht der Darstellung eines zusammenhängenden Gewebes von Begebenheiten. Für die Geschichte der Erkenntnis des Naturganzen ist es hinlänglich in jeder Epoche nur an solche Begebenheiten zu erinnern, welche einen entschiedenen Einfluß auf die geistigen Bestrebungen der Menschheit und auf eine erweiterte Weltansicht auszuüben vermochten. In dieser Hinsicht sind von großer Wichtigkeit gewesen für die Völker, die um das Becken des Mittelmeeres angesiedelt waren, die Fahrt des Coläus von Samos jenseits der Herkulessäulen, der Zug Alexanders nach Vorderindien, die Weltherrschaft der Römer, die Verbreitung arabischer Kultur, die Entdeckung des neuen Kontinents. Wir verweilen nicht sowohl bei der Erzählung von etwas Geschehenem als bei der Bezeichnung der Wirkung, welche das Geschehene, d. i. die Begebenheit, sei sie eine Entdeckungsreise oder das Herrschendwerden einer hochausgebildeten litteraturreichen Sprache, oder die plötzlich verbreitete Kenntnis der indo-afrikanischen Monsune, auf die Entwickelung der Idee des Kosmos ausgeübt hat.

Wenn ich bei der Aufzählung so heterogener Anregungen schon beispielsweise der Sprachen erwähne, so will ich hier im allgemeinen auf ihre unermeßliche Wichtigkeit in zwei ganz verschiedenen Richtungen aufmerksam machen. Die Sprachen

wirken einzeln durch große Verbreitung als Kommunikationsmittel zwischen weit voneinander getrennten Völkerstämmen; sie wirken, miteinander verglichen, durch die erlangte Einsicht in ihren inneren Organismus und ihre Verwandtschaftsgrade, auf das tiefere Studium der Geschichte der Menschheit. Die griechische Sprache und die mit derselben so innigst verknüpfte Nationalität der Griechen (das Griechenleben) haben eine zauberische Gewalt geübt über alle fremden von ihnen berührten Völker. Die griechische Sprache erscheint in Innerasien durch den Einfluß des baktrischen Reiches als eine Trägerin des Wissens, das ein volles Jahrtausend später, mit indischem Wissen gemischt, durch die Araber in den äußersten Westen von Europa zurückgebracht wird. Die altindische und die malayische Sprache haben in der Inselwelt des südöstlichen Asiens wie an der Ostküste von Afrika und auf Madagaskar den Handel und den Völkerverkehr befördert, ja wahrscheinlich, durch die Nachrichten von den indischen Handelsstationen der Banianen, das kühne Unternehmen von Vasco da Gama veranlaßt. Herrschend gewordene Sprachen, die leider den verdrängten Idiomen einen frühen Untergang bereiten, haben wie das Christentum und wie der Buddhismus wohlthätig zur Einigung der Menschheit beigetragen.

Verglichen untereinander und als Objekte der Naturkunde des Geistes betrachtet, nach der Analogie ihres inneren Baues in Familien gesondert, sind die Sprachen (und dieses ist eines der glänzendsten Ergebnisse der Studien neuerer Zeit, der letztverflossenen sechzig bis siebzig Jahre) eine reiche Quelle des historischen Wissens geworden. Eben weil sie das Produkt der geistigen Kraft des Menschen sind, führen sie uns mittels der Grundzüge ihres Organismus in eine dunkle Ferne, in eine solche, zu welcher keine Tradition hinaufreicht. Das vergleichende Sprachstudium zeigt, wie durch große Länderstrecken getrennte Völkerstämme miteinander verwandt und aus einem gemeinschaftlichen Ursitze ausgezogen sind; es offenbart den Weg und die Richtung alter Wanderungen; es erkennt, den Entwickelungsmomenten nachspürend, in der mehr oder minder veränderten Sprachgestaltung, in der Permanenz gewisser Formen oder in der bereits fortgeschrittenen Zertrümmerung und Auflösung des Formensystems, welcher Volksstamm der einst im gemeinsamen Wohnsitz üblichen, gemeinsamen Sprache näher geblieben ist. Zu dieser Art der Untersuchungen über die ersten altertümlichen Sprachzustände, in denen das

Menschengeschlecht im eigentlichsten Sinne des Wortes als ein lebendiges Naturganzes betrachtet wird, gibt die lange Kette der indogermanischen Sprachen vom Ganges bis zum iberischen Westende von Europa, von Sizilien bis zum Nordkap, vielfachen Anlaß. Dieselbe historische Sprachvergleichung leitet auch auf das Vaterland gewisser Erzeugnisse, welche seit den ältesten Zeiten wichtige Gegenstände des Tauschhandels gewesen sind. Die Sanskritnamen echt indischer Produkte, die von Reis, Baumwolle, Narde und Zucker, finden wir in die griechische und teilweise sogar in die semitischen Sprachen übergegangen.[1]

Nach den hier angedeuteten und durch Beispiele erläuterten Betrachtungen erscheint die vergleichende Sprachkunde als ein wichtiges, rationelles Hilfsmittel, um durch wissenschaftliche, echt philologische Untersuchungen zu einer Verallgemeinerung der Ansichten über die Verwandtschaft des Menschengeschlechtes und seine mutmaßlich von mehreren Punkten ausgehenden *Verbreitungsstrahlen* zu gelangen. Die *rationellen* Hilfsmittel der sich allmählich entwickelnden Lehre vom Kosmos sind demnach sehr verschiedener Art: Erforschung des Sprachbaues, Entzifferung alter Schriftzüge und historischer Monumente in Hieroglyphen und Keilschrift; Vervollkommnung der Mathematik, besonders des mächtigen, Erdgestalt, Meeresflut und Himmelsräume beherrschenden analytischen Kalküls. Zu diesen Hilfsmitteln gesellen sich endlich die *materiellen Erfindungen*, welche uns gleichsam neue Organe schaffen, die Schärfe der Sinne erhöhen, ja den Menschen in einen näheren Verkehr mit den irdischen Kräften wie mit den fernen Welträumen setzen. Um hier nur diejenigen Instrumente zu erwähnen, welche große Epochen der Kulturgeschichte bezeichnen, nennen wir das Fernrohr und dessen leider zu späte Verbindung mit Meßinstrumenten; das zusammengesetzte Mikroskop, welches uns Mittel verschafft, den Entwickelungszuständen des Organischen („der gestaltenden Thätigkeit als dem Grunde des Werdens", wie Aristoteles schon sagt) zu folgen; die Boussole und die verschiedenen Vorrichtungen zur Ergründung des Erdmagnetismus, den Gebrauch des Pendels zum Zeitmaße, das Barometer, den Wärmemesser, hygrometrische und elektrometrische Apparate, das Polariskop in Anwendung auf farbige Polarisations-Phänomene im Licht der Gestirne oder im erleuchteten Luftkreise.

Die *Geschichte der physischen Weltanschauung*,

gegründet, wie wir eben entwickelt haben, auf denkende Betrachtung der Naturerscheinungen, auf eine Verkettung großer Begebenheiten, auf Erfindungen, welche den Kreis sinnlicher Wahrnehmung erweitern, soll aber hier in ihren Hauptzügen nur fragmentarisch und übersichtlich dargestellt werden. Ich schmeichle mir mit der Hoffnung, daß die Kürze dieser Darstellung den Leser in den Stand setzen könne, den Geist, in welchem ein so schwer zu begrenzendes Bild einst auszuführen wäre, leichter zu erfassen. Hier wie in dem Naturgemälde, welches der erste Band des Kosmos enthält, wird nicht nach Vollständigkeit in Aufzählung von Einzelheiten, sondern nach der klaren Entwickelung von leitenden Ideen getrachtet, solchen, welche einige der Wege bezeichnen, die der Physiker als Geschichtsforscher durchlaufen kann. Die Kenntnis von dem Zusammenhang der Begebenheiten und ihren Kausalverhältnissen wird als ein Gegebenes vorausgesetzt; die Begebenheiten brauchen nicht erzählt zu werden, es genügt, sie zu nennen und den Einfluß zu bestimmen, den sie auf die allmählich anwachsende Erkenntnis eines Naturganzen ausgeübt haben. Vollständigkeit, ich glaube es wiederholen zu müssen, ist hier weder zu erreichen noch als das Ziel eines solchen Unternehmens zu betrachten. Indem ich dies ausspreche, um meinem Werke vom Kosmos den eigentümlichen Charakter zu bewahren, der dasselbe allein ausführbar macht, werde ich mich freilich von neuem dem Tadel derer aussetzen, welche weniger bei dem verweilen, was ein Buch enthält, als bei dem, was nach ihrer individuellen Ansicht darin gefunden werden sollte. In den älteren Teilen der Geschichte bin ich geflissentlich weit umständlicher als in den neueren gewesen. Wo die Quellen sparsamer fließen, ist die Kombination schwieriger, und die aufgestellten Meinungen bedürfen dann der Anführung nicht allgemein bekannter Zeugnisse. Auch Ungleichmäßigkeit in der Behandlung der Materien habe ich mir da frei gestattet, wo es darauf ankam, durch Aufzählung von Einzelheiten dem Vortrag ein belebenderes Interesse zu geben.

Wie die Erkenntnis eines Weltganzen mit intuitiver Ahnung und wenigen wirklichen Beobachtungen über isolierte Naturgebiete begonnen hat, so glauben wir auch in der geschichtlichen Darstellung der Weltanschauung von einem eingeschränkten Erdraume ausgehen zu müssen. Wir wählen das Meerbecken, um welches diejenigen Völker sich bewegt haben, auf deren Wissen unsere abendländische Kultur (die einzige

fast ununterbrochen fortgeschrittener zunächst gegründet ist. Man kann die Hauptströme bezeichnen, welche die Elemente der Bildung und der erweiterten Naturansichten dem westlichen Europa zugeführt haben, aber bei der Vielfachheit dieser Ströme ist nicht ein einziger Urquell zu nennen. Diese Einsicht in die Kräfte der Natur, Erkenntnis der Natureinheit gehört nicht einem sogenannten Urvolke an, für welches, nach dem Wechsel historischer Ansichten bald ein semitischer Stamm im nordchaldäischen Arpachad (Arrapachitis des Ptolemäus), bald der Stamm der ‚Inder und Iranier im alten Zendlande' am Quellgebiet des Oxus und Jaxartes ausgegeben wurden. Die Geschichte, soweit sie durch menschliche Zeugnisse begründet ist, kennt kein Urvolk, keinen einzigen ersten Sitz der Kultur, keine Urphysik, oder Naturweisheit, deren Glanz durch die sündige Barbarei späterer Jahrhunderte verdunkelt worden wäre. Der Geschichtsforscher durchbricht die vielen übereinander gelagerten Nebelschichten symbolisierender Mythen, um auf den festen Boden zu gelangen, wo sich die ersten Keime menschlicher Gesittung nach natürlichen Gesetzen entwickelt haben. ‚Im grauen Altertume', gleichsam am äußersten Horizont des wahrhaft historischen Wissens, erblicken wir schon gleichzeitig mehrere leuchtende Punkte, Centra der Kultur, die gegeneinander strahlen: so Aegypten, auf das wenigste fünftausend Jahre vor unserer Zeitrechnung; Babylon, Ninive, Kaschmir, Iran; und China seit der ersten Kolonie, die vom nordöstlichen Abfall des Kuen-lun her in das untere Flußthal des Hoangho eingewandert war. Diese Centralpunkte erinnern unwillkürlich an die größeren unter den funkelnden Sternen des Firmaments, an die ewigen Sonnen der Himmelsräume, von denen wir wohl die Stärke des Glanzes, nicht aber, einige wenige ausgenommen, die relative Entfernung von unserem Planeten kennen.

Eine dem ersten Menschenstamme geoffenbarte Urphysik, eine durch Kultur verdunkelte Naturweisheit wilder Völker gehört einer Sphäre des Wissens oder vielmehr des Glaubens an, welche dem Gegenstande dieses Werkes fremd bleibt. Wir finden einen solchen Glauben indes schon tief in der ältesten indischen Lehre Krischnas gewurzelt. „Die Wahrheit soll ursprünglich in den Menschen gelegt, aber allmählich eingeschläfert und vergessen worden sein: die Erkenntnis kehrt wie eine Erinnerung zurück." Wir lassen es gern unentschieden, ob die Volksstämme, die wir gegenwärtig

Wilde nennen, alle im Zustande ursprünglich natürlicher Roheit sind; ob nicht viele unter ihnen, wie der Bau ihrer Sprachen es oft vermuten läßt, verwilderte Stämme, gleichsam zerstreute Trümmer aus den Schiffbrüchen einer früh untergegangenen Kultur sind.[4] Ein naher Umgang mit diesen sogenannten Naturmenschen lehrt nichts von dem, was die Liebe zum Wunderbaren von einer gewissen Ueberlegenheit roher Völker in der Kenntnis der Erdkräfte gefabelt hat. Allerdings steigt ein dumpfes, schauervolles Gefühl von der Einheit der Naturgewalten in dem Busen des Wilden auf; aber ein solches Gefühl hat nichts mit den Versuchen gemein, den Zusammenhang der Erscheinungen unter Ideen zu fassen. Wahrhaft kosmische Ansichten sind erst Folge der Beobachtung und ideeller Kombination, Folge eines lange dauernden Kontaktes der Menschheit mit der Außenwelt; auch sind sie nicht das Werk eines einzigen Volkes, sie sind die Frucht gegenseitiger Mitteilung eines, wo nicht allgemeinen, doch großen Völkerverkehrs.

Wie in den Betrachtungen über den Reflex der Außenwelt auf die Einbildungskraft wir, im Eingange dieses Bandes, aus der allgemeinen Litteraturgeschichte das ausgehoben haben, was sich auf den Ausdruck eines lebendigen Naturgefühls bezieht, so wird in der Geschichte der Weltanschauung aus der allgemeinen Kulturgeschichte dasjenige ausgesondert, was die Fortschritte in der Erkenntnis eines Naturganzen bezeichnet. Beide, nicht willkürlich, sondern nach bestimmten Grundsätzen abgesonderte Teile haben wieder untereinander dieselben Beziehungen als die Disziplinen, welchen sie entlehnt sind. Die Geschichte der Kultur der Menschheit schließt in sich die Geschichte der Grundkräfte des menschlichen Geistes, und also auch der Werke, in denen nach verschiedenen Richtungen diese Grundkräfte in Litteratur und Kunst sich offenbart haben. Auf gleiche Weise erkennen wir in der Tiefe und Lebendigkeit des Naturgefühls, die wir nach dem Unterschiede der Zeiten und der Völkerstämme geschildert, wirksame Anregungsmittel zu sorgfältigerer Beachtung der Erscheinungen, zu ernster Ergründung ihres kosmischen Zusammenhanges.

Eben weil nun so mannigfaltig die Ströme sind, welche die Elemente des erweiterten Naturwissens getragen und im Laufe der Zeiten ungleich über den Erdboden verbreitet haben, ist es, wie wir bereits oben bemerkt, am geeignetsten, in der Geschichte der Weltansicht von einer Völkergruppe und zwar

von der auszugehen, in der unsere jetzige wissenschaftliche Kultur und die des ganzen europäischen Abendlandes ursprünglich gewurzelt sind. Die Geistesbildung der Griechen und Römer ist allerdings ihrem Anfange nach eine sehr neue zu nennen, im Vergleich mit der Kultur der Aegypter, Chinesen und Inder; aber was ihnen von außen, von dem Orient und von Süden her, zugeströmt ist, hat sich mit dem, was sie selbst hervorgebracht und verarbeitet, trotz des ewigen Wechsels der Weltbegebenheiten und des fremdartigen Gemisches eindringender Völkermassen, ununterbrochen auf europäischem Boden fortgepflanzt. In den Regionen, wo man vor Jahrtausenden vieles früher gewußt, ist entweder eine alles verdunkelnde Barbarei wiederum eingetreten, oder neben der Erhaltung alter Gesittung und fester, komplizierter Staatseinrichtung (wie in China) ist doch der Fortschritt in Wissenschaft und gewerblichen Kunstfertigkeiten überaus gering, noch geringer der Anteil an dem Weltverkehr gewesen, ohne den allgemeine Ansichten sich nie bilden können. Europäische Kulturvölker und die von ihnen abstammenden in andere Kontinente übergegangen sind, durch eine riesenmäßige Erweiterung ihrer Schiffahrt in den fernsten Meeren, an den fernsten Küsten gleichsam allgegenwärtig geworden. Was sie nicht besitzen, können sie bedrohen. In ihrem fast ununterbrochen vererbten Wissen, in ihrer lang vererbten wissenschaftlichen Nomenklatur liegen, wie Marksteine der Geschichte der Menschheit, Erinnerungen an die mannigfaltigen Wege, auf denen wichtige Erfindungen oder wenigstens der Keim zu denselben den Völkern Europas zugeströmt sind: aus dem östlichen Asien die Kenntnis von der Richtkraft und Abweichung eines frei sich bewegenden Magnetstabes, aus Phönizien und Aegypten chemische Bereitungen (Glas, tierische und vegetabilische Färbestoffe, Metalloxyde), aus Indien allgemeiner Gebrauch der Position zur Bestimmung des erhöhten Wertes weniger Zahlzeichen.

Seitdem die Civilisation ihre ältesten Ursitze innerhalb der Tropen oder in der subtropischen Zone verlassen, hat sie sich bleibend in dem Weltteile angesiedelt, dessen nördlichste Regionen weniger kalt als unter gleicher Breite die von Asien und Amerika sind. Das Festland von Europa ist eine westliche Halbinsel von Asien; und wie es eine größere, die allgemeine Gesittung begünstigende Milde seines Klimas diesem Umstande und seiner mannigfaltigen, vielgegliederten, schon von Strabo gerühmten Form, seiner Stellung gegen das in

der Aequatorialzone weit ausgedehnte Afrika, sowie den vorherrschenden, über den breiten Ozean hinstreichenden und deshalb im Winter warmen Westwinden verdankt, habe ich bereits früher entwickelt. Die physische Beschaffenheit von Europa hat der Verbreitung der Kultur weniger Hindernisse entgegengestellt, als ihr in Asien und Afrika gesetzt waren, da wo weit ausgedehnte Reihen von Parallelketten, Hochebenen und Sandmeeren als schwer zu überwindende Völkerscheiden auftreten. Wir beginnen demnach hier, bei der Aufzählung der Hauptmomente in der Geschichte der physischen Weltbetrachtung, mit einem Erdwinkel, der durch seine räumlichen Verhältnisse und seine Weltstellung den wechselnden Völkerverkehr und die Erweiterung kosmischer Ansichten, welche Folge dieses Verkehres ist, am meisten begünstigt hat.

Hauptmomente einer Geschichte der physischen Weltanschauung.

I.

Das Mittelmeer als Ausgangspunkt für die Darstellung der Verhältnisse, welche die allmähliche Erweiterung der Idee des Kosmos begründet haben. — Anreihung dieser Darstellung an die früheste Kultur der Hellenen. — Versuche ferner Schiffahrt gegen Nordost (Argonauten), gegen Süden (Ophir), gegen Westen (Coläus von Samos).

Ganz in dem Sinne einer großen Weltansicht schildert Plato im Phädon die Enge des Mittelmeeres.[5] „Wir," sagt er, „die wir vom Phasis bis zu den Säulen des Herkules wohnen, haben inne nur einen kleinen Teil der Erde, in dem wir uns, wie um einen Sumpf Ameisen oder Frösche, um das (innere) Meer angesiedelt haben." Und dieses enge Becken, an dessen Rande ägyptische, phönizische und hellenische Völker zu einem hohen Glanze der Kultur erblühten, ist der Ausgangspunkt der wichtigsten Weltbegebenheiten, die Kolonisierung großer Länderstrecken von Afrika und Asien, der nautischen Unternehmungen gewesen, durch welche eine ganze westliche Erdhälfte enthüllt worden ist.

Das Mittelmeer zeigt noch in seiner jetzigen Gestaltung die Spuren einer ehemaligen Unterabteilung in drei geschlossene, aneinander grenzende, kleinere Becken.[6] Das Aegeische ist südlich begrenzt durch die Bogenlinie, welche, von der karischen Küste Kleinasiens an, die Inseln Rhodus, Kreta und Cerigo bilden, und die sich an den Peloponnes anschließt unfern des Vorgebirges Malea. Westlicher folgt das Jonische Meer, das Syrtenbassin, in dem Malta liegt. Die Westspitze von Sizilien nähert sich dort auf 12 geographische Meilen (90 km) der Küste von Afrika. Die plötzliche, aber kurzdauernde Erscheinung der gehobenen Feuerinsel Ferdinandea

(1831) südwestlich von den Kalksteinfelsen von Sciacca mahnt an einen Versuch der Natur, das Syrtenbassin zwischen Kap Grantola, der von Kapitän Smyth untersuchten Adventure bank, Pantellaria und dem afrikanischen Kap Bon wiederum zu schließen und so von dem westlichsten, dritten Bassin, dem Tyrrhenischen, zu trennen. Letzteres empfängt durch die Herkulessäulen den von Westen her einbrechenden Ozean und umschließt Sardinien, die Balearen und die kleine vulkanische Gruppe der spanischen Kolumbraten.

Diese Form des dreimal verengten Mittelmeeres hat einen großen Einfluß auf die früheste Beschränkung und spätere Erweiterung phönizischer und griechischer Entdeckungsreisen gehabt. Die letzteren blieben lange auf das Aegeische und auf das Syrtenmeer beschränkt. Zu der Homerischen Zeit war das kontinentale Italien noch ein „unbekanntes Land". Die Phokäer eröffneten das Tyrrhenische Bassin westlich von Sizilien; Tartessusfahrer gelangten zu den Säulen des Herkules. Man darf nicht vergessen, daß Karthago an der Grenze des Tyrrhenischen und Syrtenbeckens gegründet ward. Die physische Gestaltung der Küsten wirkte auf den Gang der Begebenheiten, auf die Richtung nautischer Unternehmungen, auf den Wechsel der Meeresherrschaft; die letzte wirkte wiederum auf die Erweiterung des Ideenkreises.

Das nördliche Gestade des inneren oder Mittelmeeres hat den schon vor Eratosthenes nach Strabo bemerkten Vorzug, reicher geformt, „vielgestalteter", mehr gegliedert zu sein als das südliche libysche. Dort treten drei Halbinseln hervor: die iberische, italische und hellenische, welche, mannigfach busenförmig eingeschnitten, mit den nahen Inseln und den gegenüberliegenden Küsten Meer- und Landengen bilden. Solche Gestaltungen des Kontinents und der teils abgerissenen, teils vulkanisch, reihenweise wie auf weit fortlaufenden Spalten gehobenen Inseln haben früh zu geognostischen Ansichten über Durchbrüche, Erdrevolutionen und Ergießungen der angeschwollenen höheren Meere in die tiefer stehenden geführt. Der Pontus, die Dardanellen, die Straße von Gades und das inselreiche Mittelmeer waren ganz dazu geeignet, die Ansichten eines solchen Schleusensystems hervorzurufen. Der orphische Argonautiker, wahrscheinlich aus christlicher Zeit, hat alte Sagen eingewebt; er singt von der Zertrümmerung des alten Lyktonien in einzelne Inseln, wie „Poseidon, der finstergelockte, dem Vater Kronion zürnend, schlug auf Lyktonien mit dem

goldenen Dreizack." Aehnliche Phantasieen, die freilich oft aus einer unvollkommenen Kenntnis räumlicher Verhältnisse entstanden sein konnten, waren in der eruditionsreichen, allem Altertümlichen zugewandten, alexandrinischen Schule ausgesponnen worden. Ob die Mythe der zertrümmerten Atlantis ein ferner und westlicher Reflex der Mythe von Lyktonien ist, wie ich an einem anderen Ort wahrscheinlich zu machen glaubte, oder ob nach Otfried Müller „der Untergang von Lyktonien (Leukonia) auf die samothrakische Sage von einer jene Gegend umgestaltenden großen Flut hindeute," * braucht hier nicht entschieden zu werden.

Was aber, wie schon oft bemerkt worden, die geographische Lage des Mittelmeeres vor allem wohlthätig in ihrem Einfluß auf den Völkerverkehr und die fortschreitende Erweiterung des Weltbewußtseins gemacht hat, ist die Nähe des in der kleinasiatischen Halbinsel vortretenden östlichen Kontinents; die Fülle der Inseln des Aegeischen Meeres, welche eine Brücke für die übergehende Kultur gewesen sind; die Furche zwischen Arabien, Aegypten und Abyssinien, durch die der große Indische Ozean unter der Benennung des Arabischen Meerbusens oder des Roten Meeres eindringt, getrennt durch eine schmale Erdenge von dem Nildelta und der südöstlichen Küste des inneren Meeres. Durch alle diese räumlichen Verhältnisse offenbarte sich in der anwachsenden Macht der Phönizier und später in der der Hellenen, in der schnellen Erweiterung des Ideenkreises der Völker der Einfluß des Meeres, als des verbindenden Elementes. Die Kultur war in ihren früheren Sitzen in Aegypten, am Euphrat und Tigris, in der indischen Pentapotamia und in China in reiche Stromlandschaften gefesselt gewesen; nicht so in Phönizien und Hellas. In dem bewegten Leben des Griechentums, vorzüglich im ionischen Stamme fand der frühe Drang nach seemännischen Unternehmungen eine reiche Befriedigung in den merkwürdigen Formen des Mittelländischen Meerbeckens, in seiner relativen Stellung zu dem Ozean im Süden und Westen.

Die Existenz des Arabischen Meerbusens, als Folge des Einbruchs des Indischen Ozeans durch die Meerenge Bab-el-Mandeb, gehört zu der Reihe großer physischer Erscheinungen, welche uns erst die neue Geognosie hat offenbaren können. Der europäische Kontinent nämlich ist in seiner Hauptachse von Nordost gegen Südwest gerichtet; aber fast rechtwinklig mit dieser Richtung findet sich ein System von Spalten, die teils

zum Eindringen der Meereswasser, teils zu Hebung paralleler Gebirgsjoche Anlaß gegeben haben. Ein solches *inverses Streichen* von Südost gegen Nordwest zeigen (vom Indischen Ozean bis zum Ausfluß der Elbe im nördlichen Deutschland) das Rote Meer in dem südlichen Teile der Spalte, zu beiden Seiten von vulkanischen Gebirgsarten umgeben, der Persische Meerbusen mit dem Tieflande des Doppelstromes Euphrat und Tigris, die Zagroskette in Luristan, die Ketten von Hellas und den nahen Inselreihen des Archipels, das Adriatische Meer und die dalmatischen Kalkalpen. Die Kreuzung der beiden Systeme geodätischer Linien (NO—SW und SO—NW), die ihre Ursache gewiß in Erschütterungsrichtungen des Inneren unseres Erdkörpers gehabt haben und von denen ich die Spalten SO—NW für neueren Ursprungs halte, hat den wichtigsten Einfluß auf die Schicksale der Menschheit und die Erleichterung des Völkerverkehrs gehabt. Die relative Lage und die, nach der Abweichung der Sonne in verschiedenen Jahreszeiten so ungleiche Erwärmung von Ostafrika, Arabien und der Halbinsel von Vorderindien erzeugen eine regelmäßige Abwechselung von Luftströmen (*Monsun*), welche die Schiffahrt nach der Myrrhifera Regio der Adramiten in Südarabien nach dem Persischen Meerbusen, Indien und Ceylon dadurch begünstigten, daß in der Jahreszeit (April und Mai bis Oktober), wo Nordwinde auf dem Roten Meere wehen, der Südwest-Monsun von Ostafrika bis zur Küste Malabar herrscht, während der dem Rückweg günstige Nordost-Monsun (Oktober bis April) zusammentrifft mit der Periode der Südwinde zwischen der Meerenge Bab-el-Mandeb und dem Isthmus von Suez.

Nachdem wir nun, in diesem Entwurf einer Geschichte der physischen Weltanschauung, den Schauplatz geschildert haben, auf dem von so verschiedenen Seiten fremde Elemente der Kultur und Länderkenntnis dem Griechenvolke zugeführt werden konnten, bezeichnen wir hier zuerst diejenigen der das Mittelmeer umwohnenden Völker, welche sich einer alten und ausgezeichneten Bildung erfreuten: die Aegypter, die Phönizier samt ihren nord- und westafrikanischen Kolonieen, und die Etrusker. Einwanderung und Handelsverkehr haben am mächtigsten gewirkt. Je mehr sich in der neuesten Zeit durch Entdeckung von Monumenten und Inschriften, wie durch philosophischere Sprachforschung unser historischer Gesichtskreis erweitert hat, desto mannigfaltiger erscheint der Einfluß, welcher

in der frühesten Zeit auch vom Euphrat her, aus Lykien und durch die mit den thrakischen Stämmen verwandten Phrygier auf die Griechen ausgeübt wurde.

In dem Nilthale, das eine so große Rolle in der Geschichte der Menschheit spielt, „gehen sichere Königsschilder" (ich folge den neuesten Forschungen von Lepsius [9] und dem Resultate seiner wichtigen, das ganze Altertum aufklärenden Expedition) „bis in den Anfang der 4. Manethonischen Dynastie, welche die Erbauer der großen Pyramiden von Gisch (Chephren oder Schafra, Cheops-Chufu und Menkera oder Mencheres) in sich schließt. Diese Dynastie beginnt mehr als 34 Jahrhunderte vor unserer christlichen Zeitrechnung, 23 Jahrhunderte vor der dorischen Einwanderung der Herakliden in den Peloponnes.[10] Die großen Steinpyramiden von Dahschur, etwas südlich von Gisch und Sakkara, hält Lepsius für Werke der dritten Dynastie. Auf den Blöcken derselben finden sich Steinmetzinschriften, aber bis jetzt keine Königsnamen. Die letzte Dynastie des alten Reiches, das mit dem Einfall der Hykfos endigte, wohl 1200 Jahre vor Homer, war die 12. Manethonische, welcher Amenemha III. angehörte, der Erbauer des ursprünglichen Labyrinths, der den Mörissee künstlich schuf durch Ausgrabung und mächtige Erddämme in Norden und Westen. Nach der Vertreibung der Hykfos beginnt das neue Reich mit der 18. Dynastie (1600 Jahre vor Chr.). Der große Ramses-Miamen (Ramses II.) war der zweite Herrscher der 19. Dynastie. Seine Siege, durch Abbildungen in Stein verewigt, wurden dem Germanicus von den Priestern in Theben erklärt.[11] Herodot kennt ihn unter dem Namen Sesostris, wahrscheinlich durch eine Verwechselung mit dem fast ebenso kriegerischen und mächtigen Eroberer Seti (Setos), welcher der Vater Ramses' II. war."

Wir haben geglaubt, hier bei diesen Einzelheiten der Zeitrechnung verweilen zu müssen, um da, wo für uns fester Geschichtsboden ist, das relative Alter großer Begebenheiten in Aegypten, Phönizien und Griechenland annäherungsweise bestimmen zu können. Wie wir vorher das Mittelmeer nach seinen räumlichen Verhältnissen mit wenigen Zügen geschildert, so mußten wir jetzt auch an die Jahrtausende erinnern, um welche die menschliche Kultur im Nilthal der von Hellas vorangegangen ist. Ohne diese simultanen Beziehungen von Raum und Zeit können wir, nach der inneren Natur der Gedankenwelt, uns kein klares und befriedigendes Geschichtsbild entwerfen.

Die Kultur im Nilthale, früh durch geistiges Bedürfnis, durch eine sonderbare physische Beschaffenheit des Landes, durch priesterliche und politische Einrichtungen erweckt und unfrei gemodelt, hat, wie überall auf dem Erdboden, zum Kontakt mit fremden Völkern, zu fernen Heerzügen und Ansiedelungen angeregt. Was aber Geschichte und Denkmäler uns darüber aufbewahrt haben, bezeugt vorübergehende Eroberungen auf dem Landwege und wenig ausgedehnte eigene Schiffahrt. Ein so altes und mächtiges Kulturvolk scheint weniger dauernd nach außen gewirkt zu haben als andere vielbewegte, kleinere Volksstämme. Die lange Arbeit seiner Nationalbildung, mehr den Massen als den Individuen gedeihlich, ist wie räumlich abgeschieden und deshalb für die Erweiterung kosmischer Ansichten wahrscheinlich unfruchtbarer geblieben. Ramses-Miamen (von 1388 bis 1322 vor Chr., also volle 600 Jahre vor der ersten Olympiade des Koröbus) unternahm weite Heerzüge, nach Herodot „in Aethiopien (wo seine südlichsten Bauwerke Lepsius am Berg Barkal fand), durch das palästinische Syrien, von Kleinasien nach Europa übersetzend zu den Skythen, Thrakiern, endlich nach Kolchis und an den Phasisstrom, wo von seinen Soldaten des Herumziehens müde Ansiedler zurückblieben. Auch habe Ramses zuerst, sagten die Priester, mit langen Schiffen die Küstenbewohner längs dem Erythräischen Meere sich unterworfen, bis er endlich im Weiterschiffen in ein Meer kam, das vor Seichtigkeit nicht mehr schiffbar war." [12] Diodor sagt bestimmt, daß Sesoosis (der große Ramses) in Indien bis über den Ganges ging, auch Gefangene aus Babylon zurückführte. „Die einzige sichere Thatsache in Bezug auf die eigene altägyptische Schiffahrt ist die, daß seit den frühesten Zeiten die Aegypter nicht bloß den Nil, sondern auch den Arabischen Meerbusen befuhren. Die berühmten Kupferminen bei Wadi Magara auf der Sinai-Halbinsel wurden bereits unter der 4. Dynastie, unter Cheops-Chufu, bebaut. Bis zur 6. Dynastie gehen die Inschriften von Hamamat an der Kosserstraße, welche das Nilthal mit der westlichen Küste des Roten Meeres verband. Der Kanal von Suez wurde unter Ramses dem Großen zu bauen versucht, zunächst wohl wegen des Verkehres mit dem arabischen Kupferlande." Größere nautische Unternehmungen, wie selbst die so oft bestrittene, mir gar nicht unwahrscheinliche [13] Umsegelung von Afrika unter Neku II. (611–595 vor Chr.) wurden phönizischen Schiffen anvertraut.

Fast um dieselbe Zeit, etwas früher, unter Nekus Vater Psammitich (Psemetek), und etwas später nach geendigtem Bürgerkriege unter Amasis (Aahmes), legten griechische Miets truppen und ihre Ansiedelung in Naucratis den Grund zu bleibendem auswärtigem Handelsverkehr, zur Aufnahme fremder Elemente, zu dem allmählichen Eindringen des Hellenismus in Niederägypten. Es war ein Keim geistiger Freiheit, größerer Unabhängigkeit von lokalisierenden Einflüssen, ein Keim, der sich in der Periode einer neuen Weltgestaltung durch die macedonische Eroberung schnell und kräftig entwickelte. Die Eröffnung der ägyptischen Häfen unter Psammitich bezeichnet eine um so wichtigere Epoche, als bis dahin das Land wenigstens an seiner nördlichen Küste sich seit langer Zeit, wie jetzt noch Japan, gegen Fremde völlig abgeschlossen hielt. [14]

In der Aufzählung der nichthellenischen Kulturvölker, welche das Becken des Mittelmeeres, den ältesten Sitz und Ausgangspunkt unseres Wissens, umwohnen, reihen wir hier an die Aegypter die Phönizier an. Diese sind als die thätigsten Vermittler der Völkerverbindung vom Indischen Meere bis in den Westen und Norden des alten Kontinents zu betrachten. Eingeschränkt in manchen Sphären geistiger Bildung, den schönen Künsten mehr als den mechanischen entfremdet, nicht großartig-schöpferisch wie die sinnigeren Bewohner des Nilthales, haben die Phönizier doch als ein kühnes, allbewegtes Handelsvolk, vorzüglich durch Ausführung von Kolonieen, deren eine an politischer Macht die Mutterstadt weit übertraf, früher als alle anderen Stämme des Mittelmeeres auf den Umlauf der Ideen, auf die Bereicherung und Vielseitigkeit der Weltansichten gewirkt. Der phönizische Volksstamm hatte babylonisches Maß und Gewicht, auch, wenigstens seit der persischen Herrschaft, geprägte metallische Münze als Tauschmittel, das — sonderbar genug — den politisch, ja künstlerisch so ausgebildeten Aegyptern fehlte. Wodurch aber die Phönizier fast am meisten zu der Kultur der Nationen beitrugen, mit denen sie in Kontakt traten, war die räumliche Verallgemeinerung und Mitteilung der Buchstabenschrift, deren sie sich schon längst selbst bedienten. Wenn auch die ganze Sagengeschichte einer angeblichen Kolonie des Kadmus in Böotien in mythisches Dunkel gehüllt bleibt, so ist es darum nicht minder gewiß, daß die Hellenen die Buchstabenschrift, welche sie lange phönizische Zeichen nannten, durch den Handelsverkehr der Jonier mit den Phöniziern erhielten. Nach den Ansichten, die sich seit Champollions großer

Entdeckung immer mehr über die früheren Zustände alphabetischer Schriftentwickelung verbreiten, ist die phönizische wie die ganze semitische Zeichenschrift als ein aus der Bilderschrift allerdings ursprünglich ausgegangenes Lautalphabet zu betrachten, d. h. als ein solches, in welchem die ideelle Bedeutung der Bildzeichen völlig unbeachtet bleibt und letztere nur phonetisch, als Lautzeichen, behandelt werden. Ein solches Lautalphabet, seiner Natur und Grundform nach ein Silbenalphabet, war geeignet, alle Bedürfnisse graphischer Darstellung von dem Lautsysteme einer Sprache zu befriedigen. „Als die semitische Schrift," sagt Lepsius in seiner Abhandlung über die Alphabete, „nach Europa zu indogermanischen Völkern überging, die durchgängig eine weit höhere Tendenz zu strenger Sonderung der Vokale und Konsonanten zeigen und hierzu durch die weit höhere Bedeutung des Vokalismus in ihren Sprachen geleitet werden mußten, nahm man überaus wichtige und einflußreiche Veränderungen mit diesen Silbenalphabeten vor." Das Streben die Syllabität aufzuheben, fand bei den Hellenen seine volle Befriedigung. So verschaffte die Uebertragung der phönizischen Zeichen fast allen Küstenländern des Mittelmeeres, ja selbst der Nordwestküste von Afrika, nicht bloß Erleichterung in dem materiellen Handelsverkehr und ein gemeinsames Band, das viele Kulturvölker umschlang, nein, die Buchstabenschrift, durch ihre graphische Biegsamkeit verallgemeinert, war zu etwas Höherem berufen. Sie wurde die Trägerin des Edelsten, was in den beiden großen Sphären, der Intelligenz und der Gefühle, des forschenden Sinnes und der schaffenden Einbildungskraft, das Volk der Hellenen errungen und als eine unvergängliche Wohlthat der spätesten Nachwelt vererbt hat.

Die Phönizier haben aber nicht bloß vermittelnd und anregend die Elemente der Weltanschauung vermehrt, sie haben auch erfinderisch und selbstthätig nach einzelnen Richtungen hin den Kreis des Wissens erweitert. Ein industrieller Wohlstand, der auf eine ausgebreitete Schiffahrt und auf den Fabrikfleiß von Sidon in weißen und gefärbten Glaswaren, in Geweben und Purpurfärberei gegründet war, führte hier wie überall zu Fortschritten in dem mathematischen und chemischen Wissen, vorzüglich aber in den technischen Künsten. „Die Sidonier," sagt Strabo, „werden geschildert als strebsame Forscher sowohl in der Sternkunde als in der Zahlenlehre, wobei sie ausgingen von der Rechenkunst und Nacht-

schiffahrt, denn beides ist dem Handel und dem Schiffsverkehr unentbehrlich." Um den Erdraum zu messen, der durch phönizische Schiffahrt und phönizischen Karawanenhandel zuerst eröffnet wurde, nennen wir die Ansiedelung im Pontus an der bithynischen Küste (Pronectus und Bithynium), wahrscheinlich in sehr früher Zeit; den Besuch der Cykladen und mehrerer Inseln des Aegeischen Meeres zur Zeit des Homerischen Sängers, das silberreiche südliche Spanien (Tartessus und Gades), das nördliche Afrika westlich von der kleinen Syrte (Utika, Hadrumetum und Karthago); die Zinn-[15] und Bernsteinländer des Nordens von Europa; zwei Handelsfaktoreien im Persischen Meerbusen (Tylos und Aradus, die Bahreininseln).

Der Bernsteinhandel, welcher wahrscheinlich zuerst nach den westlichen cimbrischen Küsten[16] und dann später nach der Ostsee, dem Lande der Aestyer, gerichtet war, verdankt der Kühnheit und der Ausdauer phönizischer Küstenfahrer seinen ersten Ursprung. Er bietet uns in seiner nachmaligen Ausdehnung für die Geschichte der Weltanschauung ein merkwürdiges Beispiel von dem Einflusse dar, den die Liebe zu einem einzigen fernen Erzeugnis auf die Eröffnung eines inneren Völkerverkehrs und auf die Kenntnis großer Länderstrecken haben kann. So wie die phokäischen Massilier das britische Zinn quer durch Gallien bis an den Rhodanus führten, so gelangte der Bernstein (electrum) von Volk zu Volk durch Germanien und das Gebiet der Kelten an beiden Abhängen der Alpen zum Padus, durch Pannonien an den Borysthenes. Dieser Landhandel setzte so zuerst die Küsten des nördlichen Ozeans in Verbindung mit dem Adriatischen Meerbusen und dem Pontus.

Von Karthago und wahrscheinlich von den 200 Jahre früher gegründeten Ansiedelungen Tartessus und Gades aus haben die Phönizier einen wichtigen Teil der Nordwestküste von Afrika erforscht, weit jenseits des Kap Bojador, wenn auch der Chretes des Hanno wohl weder der Chremetes der Meteorologie des Aristoteles, noch unser Gambia ist. Dort lagen die vielen Städte der Tyrier, deren Zahl Strabo bis zu 300 erhöht und die von den Pharusiern und Nigriten[17] zerstört wurden. Unter ihnen war Cerne (Dicuils Gaulea nach Letronne) die Hauptstation der Schiffe wie der Hauptstapelplatz der kolonisierten Küste. Die Kanarischen Inseln und die Azoren, welche letzteren des Kolumbus Sohn Don

Fernando für die von den Karthagern aufgefundenen Kassiteriden hielt, sind gegen Westen; die Orkaden, Faröerinseln und Island sind gegen Norden gleichsam vermittelnde Stationen geworden, um nach dem neuen Kontinent überzugehen. Sie bezeichnen die zwei Wege, auf denen zuerst der europäische Teil des Menschengeschlechtes mit dem von Nord- und Mittelamerika bekannt geworden ist. Diese Betrachtung gibt der Frage, ob und wie früh die Phönizier des Mutterlandes oder die der iberischen und afrikanischen Pflanzstädte (Gadeira, Karthago, Cerne) Porto Santo, Madeira und die Kanarischen Inseln gekannt haben, eine große, ich möchte sagen eine weltgeschichtliche Wichtigkeit. In einer langen Verkettung von Begebenheiten spürt man gern dem ersten Kettengliede nach. Wahrscheinlich sind seit der phönizischen Gründung von Tartessus und Utika bis zur Entdeckung von Amerika auf dem nördlichen Wege, d. i. bis zu Erich Raudas Uebergang nach Grönland, dem bald Seefahrten bis Nordkarolina folgten, volle 2000 Jahre, auf dem südlichen Wege, welchen Christoph Kolumbus einschlug, indem er nahe bei dem altphönizischen Gadeira auslief, 2500 Jahre verflossen.

Wenn wir nun nach dem Bedürfnis der Verallgemeinerung der Ideen, welche diesem Werke obliegt, die Auffindung einer Inselgruppe, die nur 42 geographische Meilen (312 km) von der afrikanischen Küste entfernt ist, als das erste Glied einer langen Reihe gleichmäßig gerichteter Bestrebungen betrachten, so ist hier nicht von einer aus dem Inneren des Gemütes erzeugten Dichtung, von dem Elysion, den Inseln der Seligen die Rede, welche an den Grenzen der Erde im Oceanus von der nahe untergehenden Sonnenscheibe erwärmt werden. In der weitesten Ferne dachte man sich alle Anmut des Lebens, die kostbarsten Erzeugnisse der Erde. Das ideale Land, die geographische Mythe des Elysion, ward weiter gegen Westen geschoben, über die Säulen des Herkules hinaus, je nachdem die Kenntnis des Mittelmeeres bei den Hellenen sich erweiterte. Die wirkliche Weltkunde, die frühesten Entdeckungen der Phönizier, über deren Epoche keine bestimmte Nachricht zu uns gekommen ist, haben wahrscheinlich nicht zu jener Mythe von seligen Inseln Veranlassung gegeben; es ist die Mythe erst nachher gedeutet worden. Die geographische Entdeckung hat nur ein Phantasiegebilde verkörpert, ihm gleichsam zum Substrat gedient.

Wo spätere Schriftsteller (wie ein unbekannter Kompi-

lator der dem Aristoteles zugeschriebenen Sammlung wunderbarer Erzählungen, welcher den Timäus benutzte, oder noch ausführlicher Diodor von Sizilien) der anmutigen Inseln erwähnen, die man für die kanarischen halten kann, wird großer Stürme gedacht, welche die zufällige Entdeckung veranlaßt haben. Phönizische und karthagische Schiffe, heißt es, „welche nach den (damals schon vorhandenen) Niederlassungen an der Küste Libyens segelten", wurden in das Meer hinausgetrieben. Die Begebenheit soll sich in der frühen Zeit der tyrrhenischen Seeherrschaft, in der des Streites zwischen den tyrrhenischen Pelasgern und den Phöniziern, zugetragen haben. Statius Sebosus und der numidische König Juba nannten zuerst die einzelnen Inseln, aber leider nicht mit punischen Namen, wenn auch gewiß nach Notizen, die aus punischen Büchern geschöpft waren. Weil Sertorius, aus Hispanien vertrieben, nach Verlust seiner Flotte sich mit den Seinen „nach einer Gruppe von nur zwei atlantischen Inseln, 10000 Stadien im Westen vom Ausflusse des Bätis", retten wollte, so hat man vermutet, Plutarch habe die beiden Inseln Porto Santo und Madeira gemeint,[18] welche Plinius nicht undeutlich als Purpurariae bezeichne. Die heftige Meeresströmung, welche jenseits der Herkulessäulen von Nordwesten gegen Südosten gerichtet ist, konnte allerdings die Küstenfahrer lange hindern, die vom Kontinent entferntesten Inseln, von denen nur die kleinere (Porto Santo) im 15. Jahrhundert bevölkert gefunden ward, zu entdecken. Der Gipfel des großen Vulkans von Tenerifa hat, wegen der Erdkrümmung, auch bei einer starken Strahlenbrechung von den phönizischen Schiffern, die an der Kontinentalküste hinschifften, nicht gesehen werden können, wohl aber nach meinen Untersuchungen von den mäßigen Anhöhen, welche das Kap Bojador umgeben,[19] besonders bei Feuerausbrüchen und durch den Reflex eines hohen über dem Vulkan stehenden Gewölkes. Behauptet man doch in Griechenland in neueren Zeiten Ausbrüche des Aetna vom Gebirge Taygetos aus gesehen zu haben.[20]

In der Aufzählung der Elemente einer erweiterten Erdkenntnis, welche früh den Griechen aus anderen Teilen des Mittelländischen Meerbeckens zuströmten, sind wir bisher den Phöniziern und Karthagern in ihrem Verkehr mit den nördlichen Zinn- und Bernsteinländern wie in ihren der Tropengegend nahen Ansiedelungen an der Westküste von Afrika gefolgt. Es bleibt uns übrig, an eine Schiffahrt gegen Süden

zu erinnern, welche die Phönizier 1000 geographische Meilen östlich von Cerne und Hannos Westhorne weit über den Wendekreis in das Prasodische und Indische Meer führte. Mag auch Zweifel über die Lokalisierung der Namen von fernen Goldländern (Ophir und Supara) übrig bleiben, mögen diese Goldländer die Westküste der Indischen Halbinsel oder die Ostküste von Afrika sein, immer ist es gewiß, daß der selbe regsame, alles vermittelnde, früh mit Buchstabenschrift ausgerüstete semitische Menschenstamm von den Kassiteriden an bis südlich von der Straße Bab-el-Mandeb tief innerhalb der Tropenregion in Kontakt mit den Erzeugnissen der verschiedenartigsten Klimate trat. Tyrische Wimpel wehten zugleich in Britannien und im Indischen Ozean. Die Phönizier hatten Handelsniederlassungen in dem nördlichsten Teile des Arabischen Meerbusens in den Häfen von Elath und Ezion-Geber, wie im Persischen Meerbusen zu Aradus und Tylos, wo nach Strabo Tempel standen, im Stil der Architektur denen am Mittelmeer ähnlich.[21] Auch der Karawanenhandel, welchen die Phönizier trieben, um Gewürze und Weihrauch zu holen, war über Palmyra nach dem glücklichen Arabien und dem chaldäischen oder nabatäischen Gerrha am westlichen oder arabischen Gestade des Persischen Meerbusens gerichtet.

Von Ezion-Geber aus gingen die Hiram-Salomonischen Expeditionen, gemeinschaftliche Unternehmungen der Tyrier und Israeliten, durch die Meerenge Bab-el-Mandeb nach Ophir (Opheir, Sophir, Sophara, das sanskritische Supara[22] des Ptolemäus). Der prachtliebende Salomo ließ eine Flotte am Schilfmeere bauen, Hiram gab ihm seekundige phönizische Schiffsleute und auch tyrische Schiffe, Tarschischfahrer.[23] Die Waren, welche aus Ophir zurückgebracht wurden, waren Gold, Silber, Sandelholz (algummim), Edelgesteine, Elfenbein, Affen (kophim) und Pfauen (thukkiim). Die Namen für diese Waren sind nicht hebräisch, sondern indisch.[24] Nach den scharfsinnigen Untersuchungen von Gesenius, Benfey und Lassen ist es überaus wahrscheinlich, daß die durch ihre Kolonieen am Persischen Meerbusen und ihren Verkehr mit den Gerrhäern der periodisch wehenden Monsune früh kundigen Phönizier die westliche Küste der Indischen Halbinsel besuchten. Christoph Kolumbus war sogar überzeugt, daß Ophir (Salomos Eldorado) und der Berg Sopora ein Teil von Ostasien, von der Chersonesus aurea des Ptolemäus sei.[25] Wenn es schwierig scheint, sich Vorderindien als

eine ergiebige Quelle des Goldes zu denken, so glaube ich, daß man nicht etwa an die „goldsuchenden Ameisen“ oder an Ktesias' unverkennbare Beschreibung eines Hüttenwerkes, in welchem aber nach seinem Vorgeben Gold und Eisen zugleich geschmolzen wurde,[26] sondern nur an die Verhältnisse der geographischen Nähe des südlichen Arabiens, der von indischen Ansiedlern bebauten Insel des Dioskorides (Diu Zocotora der Neueren, Verstümmelung des sanskritischen Dvipa Sukhatara), und an die goldführende ostafrikanische Küste von Sofala zu erinnern braucht. Arabien und die ebengenannte Insel, südöstlich von der Meerenge Bab-el Mandeb, waren für den phönizisch-jüdischen Handelsverkehr gleichsam vermittelnde Elemente zwischen der Indischen Halbinsel und Ostafrika. In diesem hatten sich seit den ältesten Zeiten Inder wie auf einer ihrem Vaterlande gegenüberstehenden Küste niedergelassen, und die Ophirfahrer konnten in dem Bassin des Erythräisch-Indischen Meeres andere Quellen des Goldes als Indien selbst finden.

Nicht so vermittelnd als der phönizische Stamm, auch den geographischen Gesichtskreis weniger erweiternd, und früh schon unter dem griechischen Einflusse eines seewärts einbrechenden Stromes pelasgischer Tyrrhener, zeigt sich uns das düstere, strenge Volk der Tusker. Es trieb einen nicht unbeträchtlichen Landhandel durch das nördliche Italien über die Alpen, da wo eine heilige Straße von allen umwohnenden Stämmen geschützt wurde, nach fernen Bernsteinländern. Fast auf demselben Wege scheint das tuskische Urvolk der Rasener aus Rätien an den Padus und weiter südlich gelangt zu sein. Am wichtigsten ist für uns nach dem Standpunkte, den wir hier einnehmen, um immer das Allgemeinste und Dauerndste zu erfassen, der Einfluß, welchen das Gemeinwesen Etruriens auf die ältesten römischen Staatseinrichtungen und so auf das ganze römische Leben ausgeübt hat. Man darf sagen, daß ein solcher Reflex (insofern er durch das Römertum die Bildung der Menschheit gefördert oder wenigstens auf Jahrhunderte eigentümlich gestempelt hat) in seinen abgeleiteten und entfernten Aeußerungen politisch noch heute fortwirkt.

Ein eigentümlicher, hier besonders zu bezeichnender Charakterzug des tuskischen Stammes war die Neigung zu einem innigen Verkehr mit gewissen Naturerscheinungen. Die Divination (das Geschäft der ritterlichen Priesterkaste) veranlaßte eine tägliche Beobachtung der meteorologischen Prozesse des

Luftkreises. Die Blitzschauer (Fulguratoren) beschäftigten sich mit Erforschung der Richtung der Blitze, dem „Herabziehen“ und dem „Abwenden“ derselben.[27] Sie unterschieden sorgfältig Blitze aus der hohen Wolkenregion, von denen, welche Saturn, ein Erdgott,[28] von unten aufsteigen läßt und die man saturnische Erdblitze nannte, ein Unterschied, welchen die neuere Physik wieder einer besonderen Aufmerksamkeit gewürdigt hat. So entstanden offizielle Verzeichnisse täglicher Gewitterbeobachtungen. Auch die von den Tuskern geübte Kunst des Wasserspürens (aquaelicium) und Quellen-Hervorlockens setzte bei den Aquilegen eine aufmerksame Erforschung natürlicher Merkmale der Schichtung des Gesteins und der Unebenheiten des Bodens voraus. Diodor preist deshalb die Tusker als forschende Naturkundige. Wir wollen zu diesem Lobe hinzusetzen, daß die vornehme und mächtige Priesterkaste von Tarquinii das seltene Beispiel einer Begünstigung des physikalischen Wissens dargeboten hat.

Wir haben, ehe wir zu den Hellenen, zu dem hochbegabten Stamme übergehen, in dessen Kultur die unserige am tiefsten wurzelt, und aus dessen Ueberlieferungen wir einen wichtigen Teil aller früheren Völkerkunde und Weltansicht schöpfen, die alten Sitze der Menschenbildung in Aegypten, Phönizien und Etrurien genannt. Wir haben das Becken des Mittelmeeres in seiner eigentümlichen Gestaltung und Weltstellung, in dem Einfluß dieser Verhältnisse auf den Handelsverkehr mit der Westküste von Afrika, mit dem hohen Norden, mit dem Arabisch-Indischen Meere betrachtet. An keinem Punkte der Erde ist mehr Wechsel der Macht und unter geistigem Einfluß mehr Wechsel eines bewegten Lebens gewesen. Die Bewegung hat sich durch Griechen und Römer, besonders seitdem letztere die phönizisch-karthagische Macht gebrochen, weit und dauernd fortgepflanzt. Dazu ist das, was wir den Anfang der Geschichte nennen, nur das Selbstbewußtsein späterer Generationen. Es ist ein Vorzug unserer Zeit, daß durch glänzende Fortschritte in der allgemeinen und vergleichenden Sprachkunde, durch das sorgfältigere Aufsuchen der Monumente und die sicherere Deutung derselben sich der Blick des Geschichtsforschers täglich erweitert, daß schichtweise sich ein höheres Altertum unseren Augen zu offenbaren beginnt. Neben den Kulturvölkern des Mittelmeeres, die wir oben angeführt, zeigen noch manche andere Stämme Spuren alter Bildung;

in Vorderasien die Phrygier und Lykier, im äußersten Westen die Turduler und Turdetaner.“ Von diesen sagt Strabo: „Sie sind die gebildetsten aller Iberer, bedienen sich der Schreibekunst und haben Schriftbücher alter Denkzeit, auch Gedichte und Gesetze in Versmaß, denen sie ein Alter von sechstausend Jahren beilegen.“ Ich habe bei diesem einzelnen Beispiele verweilt, um daran zu erinnern, wie vieles von einer alten Kultur selbst bei europäischen Nationen für uns spurlos verschwunden ist, wie die Geschichte der frühesten Weltanschauung auf einen engen Kreis beschränkt bleibt.

Ueber den 48. Breitengrad hinaus, nördlich vom Asowschen und Kaspischen Meere, zwischen dem Don, der nahen Wolga und dem Jaik, wo dieser dem goldreichen südlichen Ural entquillt, sind Europa und Asien durch flache Steppenländer wie ineinander verflossen. Auch betrachtet Herodot wie schon Pherecydes von Syros das ganze nördliche skythische Asien (Sibirien) als zum sarmatischen Europa gehörig, ja als Europa selbst. Gegen Süden ist unser Erdteil von Asien scharf getrennt; aber die weit vorgestreckte kleinasiatische Halbinsel wie der formreiche Archipelagus des Aegäischen Meeres (gleichsam eine Völkerbrücke zwischen zwei Weltteilen) haben den Menschenstämmen, den Sprachen und der Gesittung leichten Uebergang gewährt. Vorderasien ist seit der frühesten Zeit die große Heerstraße von Osten her einwandernder Völker gewesen, wie der Nordwesten von Hellas die Heerstraße vordringender illyrischer Stämme war. Die ägäische Inselwelt, welche teilweise nacheinander phönizischer, persischer und griechischer Herrschaft unterlag, war das vermittelnde Glied zwischen dem Griechentum und dem fernen Orient.

Als das phrygische Reich dem lydischen und dieses dem Perserreiche einverleibt wurde, erweiterte der Kontakt den Ideenkreis der asiatischen und europäischen Griechen. Die persische Weltherrschaft erstreckte sich durch die kriegerischen Unternehmungen des Kambyses und Darius Hystaspes von Cyrene und dem Nil bis in die Fruchtländer des Euphrats und des Indus. Ein Grieche, Skylax von Karyanda, wurde gebraucht, den Lauf des Indus von dem damaligen Gebiete von Kaschmir (Kaspapyrus) bis zu seiner Mündung zu erforschen. Der Verkehr der Griechen mit Aegypten (mit Naukratis und dem pelusischen Nilarme) war schon lebhaft vor der persischen Eroberung, er war es unter Psammitich und Amasis. Die hier geschilderten Verhältnisse entzogen viele

Griechen dem heimischen Boden, nicht etwa bloß bei Stiftung von fernen Kolonieen, deren wir später erwähnen werden, sondern um als Söldner den Kern fremder Heere zu bilden, in Karthago, Aegypten, Babylon, Persien und dem baktrischen Oxuslande.

Ein tieferer Blick in die Individualität und volkstümliche Gestaltung der verschiedenen griechischen Stämme hat gezeigt, daß, wenn bei den Doriern und teilweise bei den Aeoliern eine ernste, fast innungsartige Abgeschlossenheit herrscht, dem heiteren ionischen Stamme dagegen ein durch Forschbegier und Thatkraft unaufhaltsam angeregtes, nach innen und außen bewegtes Leben zuzuschreiben ist. Von objektiver Sinnesart geleitet, durch Dichtung und Kunst phantasiereich verschönert, hat das ionische Leben überall, wo es in den Pflanzstätten verbreitet war, die wohlthätigen Keime fortschreitender Bildung ausgestreut.

War dem Charakter der griechischen Landschaft der eigentümliche Reiz einer innigen Verschmelzung des Festen und Flüssigen gegeben, so mußte die Gliederung der Länderform, welche diese Verschmelzung begründet, auch früh die Griechen zu Schiffahrt, zu thätigem Handelsverkehr und zu der Berührung mit Fremden anreizen. Auf die Seeherrschaft der Kreter und Rhodier folgten die, freilich anfangs auf Menschenraub und Plünderung gerichteten Expeditionen der Samier, Phokäer, Taphier und Thesproten. Die Hesiodische Abneigung gegen das Seeleben bezeugt nur eine individuelle Ansicht oder die schüchterne Unkunde in der Nautik bei anfangender Gesittung im Festlande von Hellas. Dagegen haben die ältesten Sagengeschichten und Mythen Bezug auf weite Wanderungen, auf eine weite Schiffahrt, eben als erfreute sich die jugendliche Phantasie des Menschengeschlechts an dem Kontraste zwischen den idealen Schöpfungen und einer beschränkten Wirklichkeit; so die Züge des Dionysus und Herkules (Melkarth im Tempel zu Gadeira), die Wanderung der Io, des oft wieder entstandenen Aristeas, des hyperboreischen Wundermannes Abaris, in dessen leitendem Pfeile[30] man einen Kompaß zu erkennen gewähnt hat. In solchen Wanderungen spiegeln sich gegenseitig Begebenheiten und alte Weltansichten; ja die fortschreitende Veränderlichkeit der letzteren wirkt auf das Mythisch-Geschichtliche zurück. In den Irrfahrten der von Troja zurückkehrenden Helden ließ Aristonikus den Menelaus selbst Afrika mehr denn 500 Jahre vor Neku umschiffen und von Gadeira nach Indien segeln.

In der Periode, die wir hier behandeln, in dem Griechentum vor dem macedonischen Feldzuge nach Asien, gibt es drei Begebenheiten, welche einen vorzüglichen Einfluß auf den erweiterten Gesichtskreis hellenischer Weltanschauung gehabt haben. Diese Begebenheiten sind die Versuche aus dem Becken des Mittelmeeres gegen Osten und Westen vorzudringen, und die Gründung zahlreicher Kolonieen von der Herkulesstraße bis zum nordöstlichen Pontus, Kolonieen, welche ihrer politischen Verfassung nach vielgestalteter und den Fortschritten geistiger Bildung günstiger waren als die der Phönizier und der Karthager im Aegäischen Meere, in Sizilien, Iberien, an der Nord- und Westküste von Afrika.

Das Vordringen gegen Osten ungefähr zwölf Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung, 150 Jahre nach Ramses Miamen (Sesostris) wird, als geschichtliche Begebenheit betrachtet, der Zug der Argonauten nach Kolchis genannt. Die wirkliche, aber mythisch eingekleidete, d. h. in der Darstellung mit Idealem, innerlich Erzeugtem gemischte Begebenheit ist ihrem einfachen Sinne nach die Erfüllung eines nationalen Bestrebens, den unwirtbaren Pontus zu eröffnen. Die Prometheussage und die Entfesselung des feuerzündenden Titanen am Kaukasus auf der östlichen Wanderung des Herkules, das Aufsteigen der Io aus dem Thal des Hybrites[*1] nach dem Kaukasus, die Mythe von Phrixus und Helle bezeichnen alle dieselbe Richtung des Weges, die Bestrebung, in den euxinischen Pontus vorzudringen, in welchen früh schon sich phönizische Schiffer gewagt hatten.

Vor der dorischen und äolischen Wanderung war das böotische Orchomenos, nahe dem nördlichsten Ende des Sees Kopais, ein durch Handelsverkehr reicher Seestaat der Minyer. Die Argofahrt aber begann in Jolkos, dem Hauptsitz der thessalischen Minyer am Pagasetischen Meerbusen. Zu verschiedenen Zeiten mannigfach umgestaltet, hat sich das Lokal der Sage, als Ziel und Endpunkt des Unternehmens,[*2] statt des unbestimmten Fernlandes Aea, an die Mündung des Phasis (Rion) und an Kolchis, einen Sitz älterer Kultur, gebunden. Die Seefahrten der Milesier und ihre zahlreichen Pflanzstädte am Pontus verschafften eine genauere Kenntnis von der Ost- und Nordgrenze des Meeres. Sie gaben dem geographischen Teile der Mythe bestimmtere Umrisse. Eine wichtige Reihe neuer Ansichten bot sich gleichzeitig dar. Von dem nahen Kaspischen Meere kannte man lange nur das west-

liche Gestade, noch Hecatäus hält dies westliche Gestade für das des kreisenden östlichen Weltmeeres selbst. Erst der ehrwürdige Vater der Geschichte lehrte (was nach ihm sechs Jahrhunderte lang, bis Ptolemäus, wiederum bestritten ward), daß das Kaspische Meer ein von allen Seiten geschlossenes Becken sei.

Auch der Völkerkunde ward in dem nordöstlichen Winkel des Schwarzen Meeres ein weites Feld eröffnet. Man erstaunte über die Vielzüngigkeit der Stämme,[43] und das Bedürfnis geschickter Dolmetscher (der ersten Hilfsmittel und roher Werkzeuge vergleichender Sprachkunde) wurde hier lebhaft gefühlt. Tauschhandel leitete von dem, übermäßig groß geglaubten, Mäotischen Busen durch die Steppe, in welcher jetzt die mittlere Kirgisenhorde weidet, durch eine Kette skythisch-skolotischer Völkerschaften (ich halte sie für indogermanischen[44] Ursprungs), von den Argippäern und Issedonen zu den goldreichen Arimaspen an dem nördlichen Abfall des Altai. Hier ist das alte Reich der Greife, der Sitz des meteorologischen Mythus[45] der Hyperboreer, welcher mit Herkules weit nach Westen gewandert ist.

Man darf vermuten, daß der oben bezeichnete, in unseren Tagen durch die sibirischen Goldwäschen wieder so berühmt gewordene Teil des nördlichen Asiens, wie das viele bei den Massageten (von gotischem Stamme) zu Herodots Zeiten angehäufte Gold, eine durch den Verkehr mit dem Pontus eröffnete wichtige Quelle des Reichtums und des Luxus für die Hellenen geworden ist. Ich setze diese Quelle zwischen den 53. und 55. Breitengrad. Die Region des Goldsandes aber, von welcher die im Mahabharata und in des Megasthenes Fragmenten genannten Daradas (Darder oder Derder) den Reisenden Nachricht gaben und an welche wegen des zufälligen Doppelsinnes von Tiernamen[46] die oft wiederholte Fabel der Riesenameisen geknüpft worden ist, gehört südlicheren Breiten von 35° oder 37° zu. Sie fällt nach zweierlei Kombinationen, entweder in das tibetische Hochland östlich von der Bolorkette zwischen den Himalaya und Kuen-lün, westlich von Jskardo, oder nördlich vom Kuen-lün gegen die Wüste Gobi hin, welche der immer so genau beobachtende chinesische Reisende Hiuen-thsang (aus dem Anfang des 7. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung) ebenfalls als goldreich beschreibt. Wie viel zugänglicher mußte dem Verkehr der milesischen Kolonieen an der nordöstlichen Küste des Pontus der nördliche Gold-

reichtum der Arimaspen und Massageten sein! Es schien mir geeignet, in der Geschichte der Weltanschauung hier alles das zu berühren, was als eine wichtige, spät noch wirkende Folge der Eröffnung des Pontus und des ersten Vordringens der Griechen nach Osten betrachtet werden darf.

Die große alles umgestaltende Begebenheit der dorischen Wanderung und der Rückkehr der Herakliden in den Peloponnes fällt ungefähr anderthalb Jahrhunderte nach der halb mythischen Argonautenfahrt, d. h. nach der Eröffnung des Pontus für die griechische Schiffahrt und den Handelsverkehr. Diese Wanderung hat gleichzeitig mit der Gründung neuer Staaten und neuer Verfassungen den ersten Anlaß zu dem System der Anlegung von Pflanzstädten gegeben, einem Kolonialsystem, das eine wichtige Lebensperiode des hellenischen Volkes bezeichnet und am einflußreichsten für die auf intellektuelle Kultur gegründete Erweiterung der Weltansicht geworden ist. Die engere Verkettung von Europa und Asien ist recht eigentlich durch Ausführung von Kolonieen begründet worden. Es bildeten dieselben eine Kette von Sinope, Dioskurias und dem tauriſchen Pantikapäum an bis Saguntum und Cyrene, das von der regenlosen Thera gestiftet worden war.

Kein Volk der Alten Welt hat zahlreichere und in der Mehrzahl mächtigere Pflanzstädte dargeboten als die Hellenen. Von der Ausführung der ältesten äolischen Kolonieen, unter denen Mytilene und Smyrna glänzten, bis zu der Gründung von Syrakus, Kroton und Cyrene sind aber auch vier bis fünf Jahrhunderte verflossen. Die Inder und Malayen haben nur schwache Ansiedelungen an der Ostküste von Afrika, in Sokotora (Dioskorides) und im südlichen asiatischen Archipel versucht. Bei den Phöniziern hat sich zwar ein sehr ausgebildetes Kolonialsystem auf noch größere Räume als das griechische ausgedehnt, indem dasselbe, doch mit sehr großer Unterbrechung der Stationen, sich vom Persischen Meerbusen bis Cerne an der Westküste von Afrika erstreckte. Kein Mutterland hat je eine Kolonie geschaffen, welche in dem Grade mächtig erobernd und handelnd zugleich gewesen ist, als es Karthago war. Aber Karthago stand trotz seiner Größe in geistiger Kultur und artistischer Bildsamkeit tief unter dem, was in den griechischen Pflanzstädten so herrlich und dauernd unter den edelsten Kunstformen erblühte.

Vergessen wir nicht, daß gleichzeitig viele volkreiche griechische Städte in Kleinasien, im Aegäischen Meere, in Unter-

italien und Sizilien glänzten; daß, wie Karthago, so auch die Pflanzstädte Miletus und Massilia andere Pflanzstädte gründeten; daß Syrakus auf dem Gipfel seiner Macht gegen Athen und die Heere von Hannibal und Hamilkar kämpfte, daß Milet nach Tyrus und Karthago lange Zeit die erste Handelsstadt der Welt war. Indem sich durch die Thatkraft eines, in seinem Inneren oft erschütterten Volkes ein so reich bewegtes Leben nach außen entfaltete, wurden, bei zunehmendem Wohlstande, durch die Verpflanzung einheimischer Kultur überall neue Keime der geistigen Nationalentwickelung hervorgerufen. Das Band gemeinsamer Sprache und Heiligtümer umfaßte die fernsten Glieder. Durch diese trat das kleine hellenische Mutterland in die weiten Lebenskreise anderer Völker. Fremde Elemente wurden aufgenommen, ohne dem Griechentum etwas von seinem großen und selbständigen Charakter zu entziehen. Der Einfluß eines Kontakts mit dem Orient und, über hundert Jahre vor dem Einfall des Kambyses, mit dem noch nicht persisch gewordenen Aegypten war ohnedies seiner Natur nach dauernder als der Einfluß so viel bestrittener, in tiefes Dunkel gehüllter Niederlassungen des Cekrops aus Sais, des Kadmus aus Phönizien und des Danaus aus Chemmis.

Was die griechischen Kolonieen von allen anderen, besonders von den starren phönizischen, unterschied und in den ganzen Organismus ihres Gemeinwesens eingriff, entsprang aus der Individualität und Verschiedenheit der Stämme, in welche die Nation sich teilte. Es war in den Kolonieen wie im ganzen Hellenismus ein Gemisch von bindenden und trennenden Kräften. Diese Gegensätze erzeugten Mannigfaltigkeit in der Ideenrichtung und den Gefühlen, Verschiedenheiten in Dichtungsweise und melischer Kunst; sie erzeugten überall die reiche Lebensfülle, in welcher sich das scheinbar Feindliche, nach höherer Weltordnung, zu mildernder Eintracht löste.

Waren auch Milet, Ephesus und Kolophon ionisch, Cos, Rhodus und Halikarnaß dorisch, Kroton und Sybaris achäisch, so übte doch mitten in dieser Vielseitigkeit der Kultur, ja da, wo in Unteritalien Pflanzstädte verschiedener Volksstämme nebeneinander lagen, die Macht des begeisterten, tiefempfundenen Wortes ihren allvermittelnden Zauber aus. Bei fest gewurzelten Kontrasten in den Sitten und in den Staatsverfassungen, bei dem wechselnden Schwanken der letzteren erhielt sich das Griechentum ungeteilt. Ein weites, durch

die einzelnen Stämme errungenes Reich der Ideen und Kunst typen wurde als das Eigentum der gesamten Nation betrachtet.

Es bleibt mir übrig, in diesem Abschnitt noch des dritten Punktes zu erwähnen, den wir oben als vorzüglich einflußreich auf die Geschichte der Weltansichten neben der Eröffnung des Pontus und der Stiftung der Kolonieen am Rande des inneren Meerbeckens bezeichnet haben. Die Gründung von Tarteſſus und Gades, wo ein Tempel dem wandernden Gotte Melkarth (einem Sohne des Baal) geheiligt war, die Pflanzſtadt Utika, älter als Karthago, erinnern daran, daß die Phönizier ſchon viele Jahrhunderte lang durch den freien Ozean ſchifften, als den Hellenen noch die Straße, welche Pindar[37] die Gadeiriſche Pforte nennt, verſchloſſen war. So wie die Mileſier in Oſten durch den geöffneten Pontus[38] Verbindungen ſtifteten, durch welche der Landhandel mit dem europäiſchen und aſiatiſchen Norden und in viel ſpäteren Zeiten mit dem Oxus und Indus belebt wurde, ſo ſuchten unter den Hellenen die Samier und Phokäer[39] zuerſt aus dem Becken des Mittelmeeres gegen Weſten vorzudringen.

Coläus von Samos wollte nach Aegypten ſchiffen, wo zu dieſer Zeit der vielleicht nur erneuerte Verkehr mit den Griechen unter Pſammitichus begonnen hatte. Er wurde durch Oſtſtürme nach der Inſel Platea und von da (Herodot fügt bedeutſam hinzu: „nicht ohne göttliche Schickung") durch die Meerenge in den Ozean getrieben. Nicht bloß der Zufall eines unerwarteten Handelsgewinſtes in dem iberiſchen Tarteſſus, ſondern die räumliche Entdeckung, der Eintritt in eine unbekannte, nur mythiſch geahnte Welt gab der Begebenheit Größe und Ruf, ſo weit im Mittelmeer die griechiſche Zunge verſtändlich war. Hier, jenſeits der Säulen des Herkules (früher Säulen des Briareus, des Aegäon und Kronos genannt), an dem weſtlichen Erdrande, auf dem Wege zum Elyſium und zu den Heſperiden, ſah man zuerſt die Urwaſſer des kreiſenden Okeanos,[40] in welchem damals noch der Urſprung aller Flüſſe geſucht ward.

Am Phaſis war der Schiffer wieder an eine den Pontus begrenzende Küſte gelangt, jenſeits deren er ſich einen Sonnenteich fabeln durfte; ſüdlich von Gadeira und Tarteſſus ruhte frei der Blick auf dem Unbegrenzten. Dieſer Umſtand hat anderthalb Jahrtauſende lang der Pforte des inneren Meeres eine eigene Wichtigkeit gegeben. Immerfort nach dem Jenſeitigen ſtrebend, haben ſeefahrende Völker, haben

hintereinander Phönizier, Hellenen, Araber, Katalanen, Majorkaner, Franzosen aus Dieppe und La Rochelle, Genueser, Venezianer, Portugiesen und Spanier Versuche gemacht in dem Atlantischen Ozeane (er galt lange für ein schlammerfülltes, seichtes, nebeliges Dunkelmeer, Mare tenebrosum) vorzudringen, bis gleichsam stationsweise jene südlichen Nationen, von den Kanarischen Inseln und den Azoren aus, endlich den neuen Kontinent erreichten, welchen aber Normannen schon früher und auf anderem Wege erreicht hatten.

Während Alexander den fernsten Osten eröffnete, leiteten schon Betrachtungen über die Gestalt der Erde den großen Stagiriten[41] auf die Idee der Nähe von Indien zu den Säulen des Herkules; ja Strabo ahnete sogar, „daß in der nördlichen Hemisphäre, vielleicht in dem Parallelkreise, welcher durch die Säulen, die Insel Rhodus und Thinä geht, zwischen den Küsten des westlichen Europas und des östlichen Asiens mehrere andere bewohnbare Ländermassen liegen könnten." Die Angabe einer solchen Oertlichkeit in der fortgesetzten Längenachse des Mittelmeeres hing mit einer großartigen, im Altertum sehr verbreiteten Erdansicht des Eratosthenes zusammen, nach welcher der ganze alte Kontinent in seiner weitesten Ausdehnung von Westen nach Osten, ungefähr im Parallel von 36°, eine wenig unterbrochene Hebungslinie darbietet.[42]

Aber die Expedition des Coläus von Samos bezeichnet nicht bloß eine Epoche, in welcher sich den griechischen Stämmen und den Nationen, auf die ihre Civilisation vererbt wurde, neue Aussicht zu fernen nautischen Unternehmungen entfaltete, sie erweiterte auch unmittelbar den Kreis der Ideen. Ein großes Naturphänomen, das im periodischen Anschwellen des Meeres den Verkehr der Erde mit dem Monde und der Sonne sichtbar macht, fesselte nun zuerst dauernd die Aufmerksamkeit. In den afrikanischen Syrten hatte das Phänomen den Griechen unregelmäßiger geschienen, es war ihnen sogar bisweilen gefahrbringend gewesen. Posidonius beobachtete Ebbe und Flut zu Iliya und Gadeira, und verglich seine Beobachtungen mit dem, was ihm dort über den Einfluß des Mondes die erfahreneren Phönizier mitteilen konnten.

II.

Feldzüge der Macedonier unter Alexander dem Großen. — Umgestaltung der Weltverhältnisse. — Verschmelzung des Westens mit dem Osten. — Das Griechentum befördert die Völkervermischung vom Nil bis zum Euphrat, dem Jaxartes und Indus. — Plötzliche Erweiterung der Weltansicht durch eigene Beobachtung der Natur wie durch den Verkehr mit altkultivierten, gewerbtreibenden Völkern.

In dem Entwickelungsgange der Menschengeschichte, sofern dieselbe eine innigere Verbindung der europäischen Abendländer mit dem südwestlichen Asien, dem Nilthale und Libyen darstellt, bezeichnen die Heerzüge der Macedonier unter Alexander dem Großen, der Untergang der Perserherrschaft, der beginnende Verkehr mit Vorderindien, die Einwirkung des, 116 Jahre dauernden, griechisch-baktrischen Reiches eine der wichtigsten Epochen des gemeinsamen Völkerlebens. War die Sphäre der Entwickelung fast maßlos dem Raume nach, so gewann sie dazu noch an intensiver moralischer Größe durch das unablässige Streben des Eroberers nach Vermischung aller Stämme, nach einer Welteinheit unter dem begeistigenden Einflusse des Hellenismus. Die Gründung so vieler neuer Städte an Punkten, deren Auswahl höhere Zwecke andeutet, die Anordnung und Gliederung eines selbständigen Gemeinwesens zur Verwaltung dieser Städte, die zarte Schonung der Nationalgewohnheiten und des einheimischen Kultus — alles bezeugt, daß der Plan zu einem großen organischen Ganzen gelegt war. Was vielleicht ursprünglich diesem Plane nicht angehörte, hat sich, wie es immer in dem Drange vielumfassender Weltbegebenheiten der Fall ist, später aus der Natur der Verhältnisse von selbst entwickelt. Erinnert man sich nun, daß von der Schlacht am Granikus bis zu dem zerstörenden Einbruch der Saker und Tocharer in Baktrien nur 52 Olympiaden verflossen sind, so bewundert man die

Ausdauer und die zauberisch vermittelnde Macht der von Westen eingeführten hellenischen Bildung. Dem Wissen der Araber, der Neuperser und Juder beigemengt, hat diese Bildung ihre Wirksamkeit bis in das Mittelalter ausgeübt, so daß es oft zweifelhaft bleibt, was der griechischen Litteratur, was unvermischt dem Erfindungsgeiste jener asiatischen Völker ursprünglich zugehört.

Das Prinzip der Einigung und Einheit, oder vielmehr das Gefühl von dem wohlthätigen politischen Einflusse dieses Prinzipes lag, wie alle seine Staatseinrichtungen beweisen, tief in dem Gemüt des kühnen Eroberers. Selbst auf Griechenland angewandt, war es ihm von seinem großen Lehrer schon früh eingeprägt worden. In der Politik des Aristoteles lesen wir: „Den asiatischen Völkern fehlt es nicht an Thätigkeit des Geistes und Kunstgeschicklichkeit, doch mutlos leben sie in Unterwürfigkeit und Knechtschaft, während die Hellenen, kräftig und regsam, in Freiheit lebend und deshalb gut verwaltet, wären sie zu einem Staate vereinigt, alle Barbaren beherrschen könnten." So schrieb der Stagirite bei seinem zweiten Aufenthalte in Athen, ehe noch Alexander über den Granikus ging. Die Grundsätze des Lehrers, so „widernatürlich diesem auch das unumschränkte Königtum (die παμβασιλεία) erschien", haben zweifelsohne einen lebendigeren Eindruck auf den Eroberer gemacht, als die phantasiereichen Berichte des Ktesias über Indien, denen August Wilhelm von Schlegel und vor ihm schon Saint-Croix eine so große Wirkung zuschreiben.

In dem vorhergehenden Abschnitte haben wir das Meer als ein vermittelndes, völkerverbindendes Element, die durch Phönizier und Karthager, Tyrrhener und Tusker erweiterte Schiffahrt in wenigen Zügen geschildert. Wir haben gezeigt, wie, durch zahlreiche Kolonieen in ihrer Seemacht verstärkt, die Griechen gegen Osten und Westen, durch die Argonauten von Joltos und durch den Samier Coläus, aus dem Becken des Mittelmeeres vorzudringen gestrebt; wie gegen Süden die Salomon-Hiramschen Expeditionen, in Ophirfahrten, durch das Rote Meer ferne Goldländer besuchten. Der zweite Abschnitt führt uns vorzugsweise in das Innere eines großen Kontinentes auf Wegen, die dem Landhandel und der Flußschiffahrt geöffnet werden. In den kurzen Zeitraum von zwölf Jahren fallen der Zeitfolge nach: die Feldzüge in Vorderasien und Syrien mit den Schlachten am Granikus

und in den Strandpässen von Issus, die Einnahme von Tyrus und die leichte Besitznahme Aegyptens, der babylonisch-persische Feldzug, als bei Arbela (in der Ebene von Gaugamela) die Weltherrschaft der Achämeniden vernichtet wurde, die Expedition nach Baktrien und Sogdiana zwischen dem Hindu-Khu und dem Jaxartes (Syr), endlich das kühne Vordringen in das Fünfstromland (Pentapotamia) von Vorderindien. Fast überall hat Alexander hellenische Ansiedelungen gegründet und in der ungeheuren Länderstrecke vom Ammonstempel in der libyschen Oase und von Alexandria am westlichen Nildelta bis zum nördlichen Alexandria am Jaxartes (dem jetzigen Khodschend in Fergana) griechische Sitten verbreitet.

Die Erweiterung des Ideenkreises — und dies ist der Standpunkt, aus welchem hier des Macedoniers Unternehmen und die längere Dauer des baktrischen Reiches betrachtet werden müssen — war begründet: in der Größe des Raumes, in der Verschiedenheit der Klimate von Cyropolis am Jaxartes (unter der Breite von Tiflis und Rom) bis zu dem östlichen Indusdelta bei Tira unter dem Wendekreise des Krebses. Rechnen wir dazu die wunderbar wechselnde Gestaltung des Bodens, von üppigen Fruchtländern, Wüsten und Schneebergen mannigfaltig durchzogen, die Neuheit und riesenhafte Größe der Erzeugnisse des Tier- und Pflanzenreiches, den Anblick und die geographische Verteilung ungleich gefärbter Menschenrassen, den lebendigen Kontakt mit teilweise vielbegabten, uralt kultivierten Völkern des Orients, mit ihren religiösen Mythen, ihren Philosophemen, ihrem astronomischen Wissen und ihren sterndeutenden Phantasieen. In keiner anderen Zeitepoche (die, achtzehn und ein halbes Jahrhundert später erfolgende Begebenheit der Entdeckung und Aufschließung des tropischen Amerikas ausgenommen) ist auf einmal einem Teile des Menschengeschlechtes eine reichere Fülle neuer Naturansichten, ein größeres Material zur Begründung der physischen Erdkenntnis und des vergleichenden ethnologischen Studiums dargeboten worden. Für die Lebhaftigkeit des Eindruckes, welchen eine solche Bereicherung der Ansichten hervorgebracht, zeugt die ganze abendländische Litteratur; es zeugen selbst dafür, wie bei allem, was unsere Einbildungskraft in Beschreibung erhabener Naturszenen anspricht, die Zweifel, welche bei den griechischen und in der Folge bei den römischen Schriftstellern die Berichte des Megasthenes, Nearchus, Aristobulus und anderer Begleiter Alexanders erregt

haben. Diese Berichterstatter, der Färbung und dem Einfluß ihres Zeitalters unterworfen, Thatsachen und individuelle Meinungen eng miteinander verwebend, haben das wechselnde Schicksal aller Reisenden, die Oszillation zwischen anfänglichem bitteren Tadel und später mildernder Rechtfertigung erfahren. Die letztere ist in unseren Tagen um so häufiger eingetreten, als tiefes Sprachstudium des Sanskrit, als allgemeinere Kenntnis einheimischer geographischer Namen, als baktrische Münzen in den Topen aufgefunden, und vor allem eine lebendige Ansicht des Landes und seiner organischen Erzeugnisse der Kritik Elemente verschafft haben, die dem vielverdammenden Eratosthenes, dem Strabo und Plinius bei ihrem so einseitigen Wissen unbekannt blieben.[43]

Wenn man nach Unterschieden der Längengrade die Erstreckung des ganzen Mittelmeeres mit der Entfernung von Westen nach Osten vergleicht, welche Kleinasien von den Ufern des Hyphasis (Beas), von den Altären der Rückkehr trennt, so erkennt man, daß die Erdkunde der Hellenen in wenigen Jahren um das Zweifache vermehrt wurde. Um nun näher zu bezeichnen, was ich ein, durch Alexanders Heerzüge und Städtegründung so reichlich vermehrtes Material der physischen Geographie und Naturkunde genannt habe, erinnere ich zuerst an die neu eingesammelten Erfahrungen über die besondere Gestaltung der Erdoberfläche. In den durchzogenen Ländern kontrastieren Tiefländer (pflanzenleere Wüsten oder Salzsteppen, wie nördlich von der Asferahkette, einer Fortsetzung des Thian-schan, und vier große angebaute Stromgebiete: des Euphrat, Indus, Oxus und Jaxartes) mit Schneegebirgen von fast 19000 Fuß (6170 m) Höhe. Der Hindu-Khu oder indische Kaukasus der Macedonier, eine Fortsetzung des nordtibetischen Kuen-lün, westlich von der durchsetzenden Meridiankette des Bolor, ist in seiner Erstreckung gegen Herat hin in zwei große, das Kafiristan begrenzende Ketten geteilt;[44] die südlichere dieser Ketten ist die mächtigere. Alexander gelangte durch das noch 8000 Fuß (2600 m) hohe Plateau von Bamian, in dem man die Höhle des Prometheus zu sehen wähnte, auf den Kamm des Kohibaba, um über Kabura, längs dem Choes, etwas nördlich vom jetzigen Attok, über den Indus zu setzen. Vergleichung des niedrigeren Taurus, an den die Griechen gewöhnt waren, mit dem ewigen Schnee des Hindu-Khu, welcher bei Bamian nach Burnes erst in 12200 Fuß (4540 m) Höhe beginnt,

muß Veranlassung gegeben haben, hier in einem kolossaleren Maßstabe das Uebereinanderliegen der Klimate und Pflanzenzonen zu erkennen. In regsamen Gemütern wirkt bleibend und tiefer, was die elementare Natur dem Menschen unmittelbar vor den Sinnen entfaltet. Strabo beschreibt anschaulich den Uebergang über das Bergland der Paropamisaden, wo das Heer mit Mühe sich durch den Schnee einen Weg bahnte und wo alle Baumvegetation aufhört.[45]

Was von indischen Erzeugnissen und Kunstprodukten durch ältere Handelsverbindungen oder aus den Berichten des Ktesias von Knidus, der 17 Jahre lang als Leibarzt des Artaxerxes Mnemon am persischen Hoflager lebte, unvollkommen, ja fast nur dem Namen nach gekannt war, davon wurde jetzt in dem Abendlande durch die macedonischen Ansiedelungen eine sicherere Kunde verbreitet. Es gehören dahin: die bewässerten Reisfelder, von deren Kultur Aristobulus besondere Nachricht gegeben; die Baumwollenstaude, wie die feinen Gewebe und das Papier, zu welchen jene Staude den Stoff lieferte; Gewürze und Opium; Wein aus Reis und aus dem Saft der Palme, deren Sanskritname tala uns bei Arrian erhalten ist;[46] Zucker aus Zuckerrohr,[47] freilich oft in griechischen und römischen Schriftstellern mit dem Tabaschir des Bambusrohres verwechselt; Wolle von großen Bombaxbäumen, Shawls aus tibetischer Ziegenwolle; seidene (serische) Gewebe;[48] Oel aus weißem Sesamum (sanskr. tila), Rosenöl und andere Wohlgerüche; Lack (sanskr. lâkschâ, in der Vulgärsprache lakkha);[49] und endlich der gehärtete indische Wetzstahl.

Neben der materiellen Kenntnis dieser Produkte, welche bald ein Gegenstand des großen Welthandels wurden und von welchen die Seleuciden mehrere nach Arabien verpflanzten, verschaffte der Anblick einer so reich geschmückten subtropischen Natur den Hellenen noch geistige Genüsse anderer Art. Große und nie gesehene Tier- und Pflanzengestalten erfüllten die Einbildungskraft mit anregenden Bildern. Schriftsteller, deren nüchtern-wissenschaftliche Schreibart sonst aller Begeisterung fremd bleibt, werden dichterisch, wenn sie beschreiben die Sitten der Elefanten; die „Höhe der Bäume, deren Gipfel mit einem Pfeile nicht erreicht werden kann, deren Blätter größer als die Schilde des Fußvolks sind"; die Bambusa, ein leichtgefiedertes, baumartiges Gras, „dessen einzelne Knoten (internodia) als vielruderige Kähne dienen"; den durch seine Zweige wurzelnden indischen Feigenbaum, dessen Stamm bis 28 Fuß

(9,10 m) Durchmesser erreicht und der, wie Onesikritus sehr naturwahr sich ausdrückt, „ein Laubdach bildet gleich einem vielsäuligen Zelte“. Der hohen baumartigen Farne, nach meinem Gefühl des größten Schmuckes der Tropenländer, erwähnen indes Alexanders Gefährten nie, wohl aber der herrlichen, fächerartigen Schirmpalmen wie des zarten, ewig frischen Grüns angepflanzter Pisanggebüsche.[50]

Die Kunde eines großen Teils des Erdbodens wurde nun erst wahrhaft eröffnet. Die Welt der Objekte trat mit überwiegender Gewalt dem subjektiven Schaffen gegenüber, und indem, durch Alexanders Eroberungen, griechische Sprache und Litteratur sich fruchtbringend verbreiteten, waren gleichzeitig die wissenschaftliche Beobachtung und die systematische Bearbeitung des gesamten Wissens durch Aristoteles' Lehre und Vorbild dem Geiste klar geworden. Wir bezeichnen hier ein glückliches Zusammentreffen günstiger Verhältnisse; denn gerade in der Epoche, in der sich plötzlich ein so ungeheurer Vorrat von neuem Stoffe der menschlichen Erkenntnis darbot, war durch die Richtung, welche der Stagirite gleichzeitig dem empirischen Forschen nach Thatsachen im Gebiete der Natur, der Versenkung in alle Tiefen der Spekulation und der Ausbildung einer alles scharf umgrenzenden wissenschaftlichen Sprache gegeben hatte, die geistige Verarbeitung des Stoffes erleichtert und vervielfältigt worden. So bleibt Aristoteles, wie Dante sich schön ausdrückt, auf Jahrtausende noch: il maestro di color che sanno.

Der Glaube an eine unmittelbare Bereicherung des aristotelischen zoologischen Wissens durch die Heerzüge des Macedoniers ist jedoch durch ernste neuere Untersuchungen, wo nicht gänzlich verschwunden, doch wenigstens sehr schwankend geworden. Die elende Kompilation eines Lebens des Stagiriten, welche lange dem Ammonius, Sohn des Hermias, zugeschrieben ward, hatte unter vielen historischen Irrtümern auch den verbreitet, daß der Philosoph seinen Zögling wenigstens bis an die Ufer des Nils begleitet habe.[51] Das große Werk über die Tiere scheint um sehr weniges neuer als die Meteorologica, und diese fallen nach inneren Kennzeichen[52] in die 106., am spätesten in die 111. Olympiade, also entweder vierzehn Jahre früher, als Aristoteles an den Hof des Philippus kam, oder auf das höchste drei Jahre vor dem Uebergange über den Granikus. Gegen diese Ansicht einer frühen Vollendung der neun Bücher aristotelischer Tiergeschichte werden

nun freilich einzelne Angaben als widerstreitend angeführt. Dahin gehört die genaue Kenntnis, welche Aristoteles von dem Elefanten, dem bärtigen Pferdhirsche (hippelaphos), dem baktrischen zweibuckligen Kamele, dem Hippardion, das man für den Jagdtiger (Guepard) hält, und von dem indischen Büffel zu haben scheint, welcher letzte erst zur Zeit der Kreuzzüge in Europa eingeführt wurde. Es ist aber zu bemerken, daß gerade der Geburtsort jenes merkwürdig großen Hirsches mit der Pferdemähne, den Diard und Duvaucel aus dem östlichen Indien an Cuvier geschickt haben und welchem dieser sogar den Namen Cervus Aristotelis gegeben hat, nach des Stagiriten eigener Angabe nicht die von Alexander durchzogene indische Pentapotamia ist, sondern Arachosien, eine Landschaft westlich von Kandahar, die mit Gedrosien eine altpersische Satrapie ausmachte.[53] Sollten nicht die der Mehrzahl nach so kurzen Nachrichten über die Gestalt und die Sitten der obengenannten Tiere dem Aristoteles, ganz unabhängig von dem macedonischen Heerzuge, aus Persien und dem weltverkehrenden Babylon überliefert worden sein? Bei gänzlicher Unbekanntschaft mit der Bereitung des Alkohols[54] konnten ohnedies nur Felle und Knochen, nicht aber weiche, der Zergliederung fähige Teile, aus dem fernen Asien nach Griechenland geschickt werden. So wahrscheinlich es übrigens auch ist, daß Aristoteles zur Förderung seiner physikalischen und naturbeschreibenden Studien, zur Herbeischaffung eines ungeheuren zoologischen Materials aus dem gesamten Griechenland und aus den griechischen Meeren, ja zur Gründung der für seine Zeit einzigen Büchersammlung, die an Theophrast und später an Neleus von Skepsis überging, von Philippus und Alexander die freigebigste Unterstützung erhalten habe, so sind doch wohl die Geschenke von achthundert Talenten und die „Beköstigung so vieler tausend Sammler, Aufseher von Fischteichen und Vogelhüter" nur für späte Uebertreibungen[55] und mißverstandene Traditionen des Plinius, Athenäus und Aelian zu halten.

Die macedonische Expedition, welche einen großen und schönen Teil der Erde dem Einflusse eines einzigen und dazu eines so hochgebildeten Volkes eröffnete, kann demnach im eigentlichsten Sinne des Wortes als eine wissenschaftliche Expedition betrachtet werden, ja, als die erste, in der ein Eroberer sich mit Gelehrten aus allen Fächern des Wissens: mit Naturforschern, Landmessern, Geschichtschreibern, Philo-

sophen und Künstlern, umgeben hatte. Aristoteles wirkte aber nicht bloß durch das, was er selbst hervorgebracht, er wirkte auch durch die geistreichen Männer seiner Schule, welche den Feldzug begleiteten. Unter diesen glänzte vor allen des Stagiriten naher Verwandter, Kallisthenes aus Olynth, der schon vor dem Heerzuge botanische Werke und eine feine anatomische Untersuchung über das Gesichtsorgan geliefert hatte. Durch die ernste Strenge seiner Sitten und die ungemessene Freiheit seiner Rede ward er dem schon von seiner edeln und hohen Sinnesart herabgesunkenen Fürsten wie dessen Schmeichlern verhaßt. Kallisthenes zog unerschrocken die Freiheit dem Leben vor, und als man ihn zu Baktra in die Verschwörung des Hermolaus und der Edelknaben schuldlos verwickelte, ward er die unglückliche Veranlassung zu der Erbitterung Alexanders gegen seinen früheren Lehrer. Theophrast, des Olynthiers gemütlicher Freund und Mitschüler, hatte den Biedersinn, ihn nach seinem Sturze öffentlich zu verteidigen; von Aristoteles wissen wir nur, daß er ihn vor seiner Abreise zur Vorsicht gemahnt und, durch den langen Aufenthalt bei Philipp von Macedonien, des Hoflebens, wie es scheint, sehr kundig, ihm geraten habe: „mit dem König so wenig als möglich und wenn es sein müßte, immer beifällig zu reden".[56]

Von auserwählten Männern aus der Schule des Stagiriten unterstützt, hatte Kallisthenes, als ein schon in Griechenland mit der Natur vertrauter Philosoph, in den neu aufgeschlossenen weiteren Erdkreisen die Forschungen seiner Mitarbeiter zu höheren Ansichten geleitet. Nicht die Pflanzenfülle und das mächtige Tierreich, nicht die Gestaltung des Bodens oder die Periodizität des Anschwellens der großen Flüsse konnten allein die Aufmerksamkeit fesseln; der Mensch und seine Geschlechter in ihren mannigfaltigen Abstufungen der Färbung und Gesittung mußten nach dem eigenen Ausspruche des Aristoteles als „der Mittelpunkt und Zweck der gesamten Schöpfung erscheinen, als komme der Gedanke des göttlichen Denkens hienieden erst in ihm zum Bewußtsein". Aus dem Wenigen, was uns von den Berichten des im Altertum so getadelten Onesikritus übrig ist, ersehen wir, wie sehr man in der macedonischen Expedition, weit zum Sonnenaufgang gelangend, verwundert war, zwar die von Herodot genannten dunkelfarbigen, den Aethiopen ähnlichen, indischen Stämme, aber nicht die afrikanischen kraushaarigen Neger zu finden; man beobachtete scharf den Einfluß der Atmo-

sphäre auf Färbung, die verschiedene Wirkung der trockenen und feuchten Wärme. In der frühesten Homerischen Zeit und noch lange nach den Homeriden wurde die Abhängigkeit der Luftwärme von den Breitengraden, von den Polarabständen vollkommen verkannt; Osten und Westen bestimmten damals die ganze thermische Meteorologie der Hellenen. Die nach dem Aufgang gelegenen Erdstriche wurden für „sonnennäher, für Sonnenländer" gehalten. „Der Gott färbt in seinem Laufe mit des Nußes finsterem Glanze die Haut des Menschen und kräuselt ihm dörrend das Haar." [57]

Alexanders Heerzüge gaben zuerst Veranlassung, in einem großen Maßstabe die, besonders in Aegypten zusammenströmenden, afrikanischen Menschenrassen mit den arischen Geschlechtern jenseits des Tigris und den altindischen, sehr dunkel gefärbten, aber nicht kraushaarigen Urvölkern zu vergleichen. Die Gliederung der Menschheit in Abarten, ihre Verteilung auf dem Erdboden, mehr als Folge geschichtlicher Ereignisse als des langdauernden klimatischen Einflusses da, wo die Typen einmal festgesetzt sind, der scheinbare Widerspruch zwischen Färbung und Wohnort mußten denkende Beobachter auf das lebhafteste anregen. Noch findet sich im Inneren des großen indischen Landes ein weites Gebiet, das von sehr dunkel, fast schwarz gefärbten, von den später eingedrungenen helleren arischen Stämmen gänzlich verschiedenen Ureinwohnern bevölkert ist. Dahin gehören unter den Vindhyavölkern die Gond, die Bhil in den Waldgebirgen von Malava und Guzerat, wie die Kolh von Orissa. Der scharfsinnige Lassen hält es für wahrscheinlich, daß zu Herodots Zeit die schwarze asiatische Rasse, dessen „Aethiopier vom Aufgang der Sonne", den libyschen wohl in der Hautfarbe, aber nicht in der Beschaffenheit des Haares ähnlich, viel weiter als jetzt gegen Nordwesten verbreitet waren. Ebenso dehnten im alten ägyptischen Reiche die eigentlichen wollhaarigen, oft besiegten Negerstämme ihre Wohnsitze weit in das nördliche Nubien aus. [58]

Zu der Bereicherung des Ideenkreises, welche aus dem Anblick vieler neuen physischen Erscheinungen, wie aus dem Kontakt mit verschiedenen Volksstämmen und ihrer kontrastierenden Civilisation entsprang, gesellten sich, leider! nicht die Früchte ethnologischer Sprachvergleichung, insofern dieselbe philosophisch, abhängig von den Grundverhältnissen des Gedankens, [59] oder bloß historisch ist. Diese Art der Untersuchung war dem sogenannten klassischen Altertume fremd.

Dagegen lieferte Alexanders Expedition den Hellenen wissenschaftliche Materialien, welche den lange aufgehäuften Schätzen früher kultivierter Völker entnommen werden konnten. Ich erinnere hier vorzugsweise daran, daß mit der Kenntnis der Erde und ihrer Erzeugnisse durch die Bekanntschaft mit Babylon, nach neueren und gründlichen Untersuchungen, auch die Kenntnis des Himmels ansehnlich vermehrt wurde. Allerdings war durch die Eroberung des Cyrus der Glanz des astronomischen Priesterkollegiums in der orientalischen Weltstadt bereits tief gesunken. Die Treppenpyramide des Belus (zugleich Tempel, Grab und eine, die nächtlichen Stunden verkündende Sternwarte) war von Xerxes der Zerstörung preisgegeben; das Monument lag zur Zeit des macedonischen Heerzuges bereits in Trümmern. Aber eben weil die geschlossene Priesterkaste sich bereits aufgelöst, ja der astronomischen Schulen sich eine große Zahl[60] gebildet hatte, war es dem Kallisthenes möglich geworden (wie Simplicius behauptet, auf Rat des Aristoteles), Sternbeobachtungen aus einer sehr langen Periode von Jahren (Porphyrius sagt: für eine Periode von 1903 Jahren vor Alexanders Einzug in Babylon, Ol. 112, 2) nach Griechenland zu senden. Die ältesten chaldäischen Beobachtungen, deren das Almagest erwähnt (wahrscheinlich die ältesten, welche Ptolemäus zu seinen Zwecken tauglich fand), gehen aber freilich nur bis 721 Jahre vor unserer Zeitrechnung, d. h. bis zu dem ersten messenischen Kriege. Gewiß ist es, „daß die Chaldäer die mittleren Bewegungen des Mondes mit einer Genauigkeit kannten, welche die griechischen Astronomen veranlaßte, sich derselben zur Begründung der Mondstheorie zu bedienen.“[61] Auch ihre Planetenbeobachtungen, zu denen sie eine uralte Liebe der Astrologie anregte, scheinen sie zur wirklichen Konstruktion astronomischer Tafeln benutzt zu haben.

Wie viel von den frühesten pythagoreischen Ansichten über die wahre Beschaffenheit des Himmelsgebäudes, über den Planetenlauf und die nach Apollonius Mindius in langer geregelter Bahn wiederkehrenden Kometen den Chaldäern zugehört, ist hier nicht der Ort zu entwickeln. Strabo nennt den „Mathematiker Seleucus“ einen Babylonier und unterscheidet ihn so von dem Erythräer, der die Meeresflut maß. Es genügt zu bemerken, daß auch der griechische Tierkreis höchst wahrscheinlich „von der Dodekatemoria der Chaldäer entlehnt ist, und daß derselbe nach Letronnes wichtigen Unter-

suchungen[62] nicht höher als bis zum Anfang des 6. Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung hinaufsteigt".

Was der Kontakt der Hellenen mit den Völkern indischen Ursprunges in der Epoche der macedonischen Heerzüge unmittelbar hervorgerufen, ist in Dunkel gehüllt. Von wissenschaftlicher Seite konnte wahrscheinlich wenig gewonnen werden, weil Alexander in dem Fünfstromlande (in dem Pantschanada), nachdem er das Reich des Porus zwischen dem zederreichen[63] Hydaspes (Jhelum) und dem Acesines (Tschinab) durchzogen, nur bis zum Hyphasis vorgedrungen war, doch bis zu dem Punkte, wo dieser Fluß bereits die Wasser des Satadru (Hesidrus bei Plinius) empfangen hat. Mißmut seiner Kriegsvölker und Besorgnis vor einem allgemeinen Aufstande in den persischen und syrischen Provinzen zwangen den Helden, der gegen Osten bis zum Ganges vordringen wollte, zur großen Katastrophe der Rückkehr. Die Länder, welche die Macedonier durchstreiften, waren der Wohnsitz wenig kultivierter Stämme. In dem Zwischenlande zwischen dem Satadru und der Yamuna (dem Indus- und Gangesgebiete) bildet ein unbedeutender Fluß, die heilige Sarasvati, eine uralte klassische Grenze zwischen den reinen, würdigen, frommen Brahmaanbetern im Osten und den unreinen, nicht in Kasten geteilten, königslosen Stämmen im Westen."[64] Demnach gelangte Alexander nicht bis zu dem eigentlichen Sitze höherer indischer Kultur. Erst Seleucus Nicator, der Gründer des großen Seleucidenreiches, drang von Babylon aus gegen den Ganges vor und knüpfte durch die mehrfachen Gesandtschaften des Megasthenes nach Pataliputra politische Verbindungen mit dem mächtigen Sandracottus (Tschandragupta).

Auf diese Weise erst entstand ein lebhafter und dauernder Kontakt mit dem civilisiertesten Teile von Madhya-Desa (dem Land der Mitte). Zwar gab es auch im Pendschab (in der Pentapotamia) einsiedlerisch lebende gelehrte Brahmanen. Wir wissen aber nicht, ob das herrliche indische Zahlensystem, in dem die wenigen Zeichen ihren Wert durch bloße Stellung (Position) erlangen, jenen Brahmanen und Gymnosophisten bekannt war, ob (wie wohl zu vermuten steht) damals schon im kultiviertesten Teile des indischen Landes der Stellenwert erfunden war. Welch eine Revolution würde die Welt in der schnelleren Entwickelung und erleichterten Anwendung mathematischer Kenntnisse erfahren haben, wenn der Alexanders Heer begleitende Brahmane Sphines

(im Heere Kalanos genannt), wenn später zu Augusts Zeiten der Brahmane Bargosa, ehe sie beide freiwillig den Scheiterhaufen zu Susa und Athen bestiegen, den Griechen das indische Zahlensystem auf eine Weise hätte mitteilen können, durch die dasselbe zu einem allgemeinen Gebrauche gelangt wäre! Die scharfsinnigen und vielumfassenden Untersuchungen von Chasles haben allerdings gelehrt, daß die sogenannte Methode des pythagorischen Abakus oder Algorismus, wie sie sich in der Geometrie des Boethius beschrieben findet, mit dem indischen Zahlensysteme des Stellenwertes fast identisch sei; aber jene Methode, lange unfruchtbar bei Griechen und Römern, hat erst im Mittelalter eine allgemeine Verbreitung gewonnen, besonders als das Nullzeichen an die Stelle des leeren Faches trat. Die wohlthätigsten Erfindungen bedürfen oft Jahrhunderte, um anerkannt und vervollständigt zu werden.

III.

Annahme der Weltanschauung unter den Ptolemäern. — Museum im Serapeum. — Eigentümlicher Charakter der wissenschaftlichen Richtung in dieser Zeitepoche. — Encyklopädische Gelehrsamkeit. — Verallgemeinerung der Naturansichten in den Erd- und Himmelsräumen.

Nach der Auflösung des macedonischen Weltreiches, das Gebiete dreier Kontinente umfaßte, entwickelten sich, doch in sehr verschiedener Gestaltung, die Keime, welche das vermittelnde, völkerverbindende Regierungssystem des großen Macedoniers in einen fruchtbaren Boden gelegt hatte. Je mehr die nationale Abgeschlossenheit der hellenischen Denkart dahinschwand, je mehr ihre schöpferische begeisternde Kraft an Tiefe und Stärke verlor, desto gewinnreicher waren durch Belebung und Erweiterung des Völkerverkehrs, wie durch rationelle Verallgemeinerung der Naturansichten die Fortschritte in der Kenntnis des Zusammenhangs der Erscheinungen. Im syrischen Reiche, bei den Attaliden von Pergamum, unter den Seleuciden und Ptolemäern wurden sie überall und fast gleichzeitig von ausgezeichneten Herrschern begünstigt. Das griechische Aegypten hatte den Vorzug politischer Einheit; es hatte auch den einer geographischen Weltstellung, die durch den Einbruch des Arabischen Meerbusens von Bab-el-Mandeb bis Suez und Akaba (in der Erschütterungsrichtung SSO—NNW) den Verkehr auf dem Indischen Ozean dem Verkehr an den Küsten des Mittelmeers auf wenige Meilen nahe bringt.

Das Reich der Seleuciden genoß nicht diese Vorteile des Seehandels, wie sie Form und Gliederung der Ländermassen den Lagiden darboten; seine Stellung war gefährdeter, von den Zersplitterungen bedroht, welche die verschiedenartige Nationalität der Satrapieen erzeugte. Der Verkehr im Seleucidenreiche war überdies mehr ein innerer, an Stromgebiete oder an Karawanenstraßen gefesselt, die allen hindernden Naturgewalten von schneebedeckten Gebirgsketten, Hochebenen und Wüsten trotzten. Der große Warenzug, in welchem die Seide das kostbarste Produkt war, ging aus Innerasien von

der Hochebene der Serer nördlich von Uttara-Kuru, über den steinernen Turm (wahrscheinlich eine befestigte Karawanserai) südlich von den Quellen des Jaxartes nach dem Oxusthale zum Kaspischen und Schwarzen Meere. Dagegen war der Hauptverkehr des Lagidenreiches, so lebhaft auch die Flußschiffahrt auf dem Nil und die Kommunikation zwischen den Nilufern und den Kunststraßen längs dem Gestade des Roten Meeres sein mochte, doch im eigentlichsten Verstande des Wortes der Seehandel. Nach Alexanders großen Ansichten sollten, in Westen und Osten, das neugegründete ägyptische Alexandria und das uralte Babylon die beiden Hauptstädte des macedonischen Weltreichs werden; doch Babylon hat diesen Hoffnungen später nie entsprochen, und die Blüte der von Seleucus Nicator am unteren Tigris erbauten, durch Kanäle mit dem Euphrat verbundenen Seleukia trug dazu bei, den völligen Verfall von Babylon zu veranlassen.

Drei große Regenten, die ersten drei Ptolemäer, deren Regierung ein ganzes Jahrhundert ausfüllt, haben, durch ihre Liebe für die Wissenschaften, durch die glänzendsten Anstalten zur Beförderung geistiger Bildung und durch ununterbrochenes Streben nach Erweiterung des Seehandels, der Natur- und Länderkenntnis einen Zuwachs verschafft, wie derselbe bis dahin noch von keinem Volke errungen worden war. Dieser Schatz echt wissenschaftlicher Kultur ging von den in Aegypten angesiedelten Hellenen zu den Römern über. Schon unter Ptolemäus Philadelphus, kaum ein halbes Jahrhundert nach dem Tode Alexanders (selbst eher als der erste punische Krieg den aristokratischen Freistaat der Karthager erschütterte), war Alexandria der größte Handelsplatz der Welt. Ueber Alexandria ging der nächste und bequemste Weg von dem Becken des Mittelmeers nach dem südöstlichen Afrika, nach Arabien und Indien. Die Lagiden haben die Straße des Weltverkehrs, welche die Natur durch die Richtung des Arabischen Meerbusens gleichsam vorgezeichnet, mit beispiellosem Erfolge benutzt, eine Straße, die ihr Recht in vollem Maße erst dann wird wieder gelten lassen, wenn die Verwilderung des morgenländischen Lebens und die störende Eifersucht der abendländischen Mächte gleichzeitig abnehmen. Selbst als Aegypten eine römische Provinz wurde, blieb es der Sitz eines unermeßlichen Reichtums, da der wachsende Luxus von Rom unter den Cäsaren auf das Nilland zurückwirkte und die Mittel seiner Befriedigung hauptsächlich in dem Weltverkehr von Alexandria fand.

Die wichtige Erweiterung der Natur- und Länderkenntnis unter den Lagiden war gegründet auf den Karawanenhandel in dem Inneren von Afrika über Cyrene und die Oasen, auf die Eroberungen in Aethiopien und dem glücklichen Arabien unter Ptolemäus Evergetes, auf den Seehandel mit der ganzen westlichen Halbinsel Indiens vom Meerbusen von Barygaza (Guzerat und Cambay) an längs den Küsten von Kanara und Malabar (Malayavara, Gebiet von Malaya) bis zu den brahmanischen Heiligtümern des Vorgebirges Komorin (Kumari) und der großen Insel Ceylon (Lanka im Ramayana; Taprobane, ein von den Zeitgenossen Alexanders verstümmelter[65] einheimischer Name). Schon Nearchs mühevolle, fünf Monate dauernde Beschiffung der Küsten von Gedrosien und Karamanien (zwischen Pattala an der Mündung des Indus und dem Ausfluß des Euphrat) hatte wesentlich zu den Fortschritten der Nautik beigetragen.

Die Kenntnis der Monsunwinde, welche die Schiffahrt zwischen der Ostküste von Afrika und der Nord- und Westküste von Indien so wirksam begünstigen, fehlte Alexanders Gefährten nicht. Nachdem, um den Indus dem Weltverkehr zu eröffnen, der Macedonier in einer zehn Monate langen Fahrt den Fluß zwischen Nicäa am Hydaspes und Pattala untersucht hatte, eilte Nearch im Anfang des Oktobers (Ol. 113, 3) von der Mündung des Indus bei Stura abzusegeln, weil er wußte, daß seine Seefahrt bis zum Persischen Meerbusen von dem Nordost- und Ost-Monsun, längs der in einem Parallelkreise laufenden Küste, begünstigt werden würde. Die Ergründung eines so merkwürdigen lokalen Gesetzes der Windrichtung gab den Piloten später den Mut, von Ocelis an der Straße Bab-el-Mandeb geradezu durch das hohe Meer nach dem großen malabarischen Stapelplatze Muziris (südlich von Mangalor) zu schiffen, wo durch inneren Verkehr auch die Waren der östlichen Küste der indischen Halbinsel, ja selbst das Gold der fernen Chryse (Borneo?) zusammenflossen. Die Ehre, dies neue System der indischen Schiffahrt zuerst in Anwendung gebracht zu haben wird einem übrigens unbekannten Seemanne Hippalus zugeschrieben, dessen Zeitalter[66] zweifelhaft ist.

In die Geschichte der Weltanschauung gehört die Aufzählung aller Mittel, durch welche die Völker sich genähert, große Teile des Erdkreises zugänglicher geworden, die Erkenntnissphären der Menschheit erweitert worden sind. Unter

diesen Mitteln ist eines der großartigsten gewesen die materielle Eröffnung einer Wasserstraße vom Roten zum Mittelländischen Meere vermittelst des Nils. Wo zwei kaum zusammenhängende Kontinentalmassen die tiefsten maritimen Einschnitte darbieten, hatte, wenn auch nicht der große Sesostris (Ramses Miamen), welchem Aristoteles und Strabo es zuschreiben, doch Necho (Neku) die Ausgrabung eines Kanals begonnen, aber, durch priesterliche Orakelsprüche geschreckt, wiederum aufgegeben. Herodot sah und beschrieb einen vollendeten, der etwas oberhalb Bubastus in den Nil einmündete, ein Werk des Achämeniden Darius Hystaspis. Wieder in Verfall geraten, ward endlich dieser Kanal von Ptolemäus Philadelphus so vollkommen hergestellt, daß er, wenn auch nicht, trotz seiner künstlichen Schleuseneinrichtung, zu jeder Jahreszeit schiffbar, doch bis zu der Römer Herrschaft, bis Mark Aurel, vielleicht bis Septimus Severus, also über vier und ein halbes Jahrhundert, den äthiopischen, arabischen und indischen Handel belebte. Zu denselben Zwecken des Völkerverkehrs durch das Rote Meer wurde der Hafenbau in Myos Hormos und Berenice sorgsam betrieben und durch eine herrliche Kunststraße mit Koptos in Verbindung gesetzt.[67]

Allen diesen Anstalten und Unternehmungen der Lagiden, den merkantilen wie den wissenschaftlichen, lag ein unaufhaltsames Streben nach dem Ganzen und Fernen, die Idee des Anknüpfens und der vermittelnden Einigung, des Umfassens großer Massen von Verhältnissen und Anschauungen zu Grunde. Eine so fruchtbringende Richtung der hellenischen Gedankenwelt, lange im stillen vorbereitet, war durch Alexanders Heerzüge, durch seinen Versuch, den Westen mit dem Osten zu verschmelzen, zu einer großartigen Manifestation gelangt. Sie charakterisiert in ihrer Erweiterung unter den Lagiden die Epoche, deren Bild ich hier entwerfe; sie darf als ein wichtiger Fortschritt zur Erkenntnis eines Weltganzen betrachtet werden.

Insofern nun zu dieser wachsenden Erkenntnis Reichtum und Fülle der Anschauungen erforderlich sind, konnte der Verkehr Aegyptens mit fernen Ländern, konnten wissenschaftliche Untersuchungsreisen in Aethiopien auf Kosten der Regierung,[68] ferne Strauß- und Elefantenjagden,[69] Menagerieen wilder und seltener Tiere in den „Königshäusern vom Bruchium“ anregend zum Studium der Naturgeschichte wirken und den Anforderungen des empirischen Wissens genügen; aber der eigen

tümliche Charakter der ptolemäischen Epoche wie der ganzen alexandrinischen Schule, die ihre besondere Richtung bis in das 3. und 4. Jahrhundert behielt, offenbarte sich auf einem anderen Wege, minder im Selbstbeobachten des Einzelnen als in dem mühevollen Zusammenfassen des Vorhandenen, in der Anordnung, Vergleichung und geistigen Befruchtung des längst Gesammelten. Nachdem so viele Jahrhunderte hindurch, bis zum mächtigen Auftreten des Aristoteles, die Naturerscheinungen, jeder scharfen Beobachtung entzogen, in ihrer Deutung der alleinigen Herrschaft der Ideen, ja der Willkür dumpfer Ahnungen und wandelbarer Hypothesen anheimgefallen waren, offenbarte sich jetzt eine höhere Achtung für das empirische Wissen. Man untersuchte und sichtete, was man besaß. Die Naturphilosophie, minder kühn in ihren Spekulationen und phantastischen Gebilden, trat endlich der forschenden Empirie näher auf dem sicheren Wege der Induktion. Ein mühevolles Streben nach Anhäufung des Stoffes hatte eine gewisse Polymathie notwendig gemacht; und wenn auch das vielseitige Wissen in den Arbeiten ausgezeichneter Denker wohlthätige Früchte darbot, so zeigte sich dasselbe doch, bei der hingesunkenen Schöpfungskraft der Hellenen, nur zu oft von Geistlosigkeit und nüchterner Erudition begleitet. Auch haben Mangel an Pflege der Form wie an Lebendigkeit und Anmut der Diktion dazu beigetragen, die alexandrinische Gelehrsamkeit strengen Urteilen der Nachwelt auszusetzen.

Es ist diesen Blättern vorbehalten, hauptsächlich das hervorzuheben, was die Epoche der Ptolemäer durch das Zusammenwirken äußerer Verhältnisse, durch Stiftung und planmäßige Ausstattung zweier großer Anstalten (des alexandrinischen Museums und zweier Bücherſammlungen im Bruchium[70] und in Rhakotis), durch die kollegialische Annäherung so vieler Gelehrten, die ein praktischer Sinn belebte, geleistet hat. Das encyklopädische Wissen erleichterte die Vergleichung des Beobachteten, die Verallgemeinerung von Naturansichten. Das große wissenschaftliche Institut, welches den ersten beiden Lagiden seinen Ursprung verdankte, hat unter vielen Vorzügen lange auch den behauptet, daß seine Mitglieder frei nach ganz verschiedenen Richtungen[71] arbeiteten und dabei doch, in einem fremden Lande angesiedelt und von vielerlei Volksstämmen umgeben, das Charakteristische hellenischer Sinnesart, hellenischen Scharfsinnes bewahrten.

Wenige Beispiele mögen, nach dem Geiste und der Form

dieser historischen Darstellung, genügen, um zu beweisen, wie in der Erd- und Himmelskunde unter dem schützenden Einfluß der Ptolemäer Erfahrung und Beobachtung sich als die wahren Quellen der Erkenntnis Geltung verschafften, wie in der Richtung des alexandrinischen Zeitalters neben dem stoffanhäufenden Sammelfleiße doch immer eine glückliche Verallgemeinerung der Ansichten sich offenbarte. Hatten auch die verschiedenen griechischen Philosophenschulen, nach Niederägypten verpflanzt, in ihrer orientalischen Ausartung zu vielen mythischen Deutungen über die Natur der Dinge Anlaß gegeben, so blieb doch im Museum den platonischen Lehren[72] als sicherste Stütze das mathematische Wissen. Die Fortschritte dieses Wissens umfaßten fast gleichzeitig reine Mathematik, Mechanik und Astronomie. In Platos hoher Achtung für mathematische Gedankenentwickelung wie in den alle Organismen umfassenden morphologischen Ansichten des Stagiriten lagen gleichsam die Keime aller späteren Fortschritte der Naturwissenschaft. Sie wurden der Leitstern, welcher den menschlichen Geist durch die Verirrungen der Schwärmerei finsterer Jahrhunderte sicher hindurchgeleitet, sie haben die gesunde wissenschaftliche Geisteskraft nicht ersterben lassen.

Der Mathematiker und Astronom Eratosthenes von Cyrene, der berühmteste in der Reihe der alexandrinischen Bibliothekare, benutzte die Schätze, welche ihm geöffnet standen, um sie zu einer systematischen Universalgeographie zu verarbeiten. Er reinigte die Erdbeschreibung von den mythischen Sagen. Selbst mit Chronologie und Geschichte beschäftigt, trennte er doch die Erdbeschreibung von den geschichtlichen Einmischungen, welche dieselbe früher nicht ohne Anmut belebten. Einen befriedigenden Ersatz lieferten mathematische Betrachtungen über die gegliederte Form und Ausdehnung der Kontinente, geognostische Vermutungen über den Zusammenhang der Bergketten, die Wirkung der Strömungen und die vormalige Wasserbedeckung von Ländern, welche jetzt noch alle Spuren des trockenen Meeresbodens an sich tragen. Der ozeanischen Schleusentheorie des Strato von Lampsakus günstig, leitete der Glaube an das einstige Anschwellen des Pontus, an den Durchbruch der Dardanellen und die dadurch veranlaßte Eröffnung der Herkulessäulen den alexandrinischen Bibliothekar auf die wichtige Untersuchung des Problems von der Gleichheit des Niveaus aller äußeren, die Kontinente umfließenden Meere. Wie glücklich er in Verallgemeinerung der

Ansichten war, bezeugt ferner seine Behauptung, daß der ganze Kontinent von Asien in dem Parallel von Rhodus (in dem Diaphragma des Diäarchus) von einer zusammenhängenden, westöstlich streichenden Bergkette durchschnitten sei.[73]

Ein reger Wunsch nach Allgemeinheit der Ansichten, Folge der geistigen Bewegung jener Zeit, veranlaßte auch die erste (hellenische) Gradmessung zwischen Syene und Alexandrien, d. i. den Versuch des Eratosthenes, den Umfang der Erde annäherungsweise zu bestimmen. Es ist nicht das erlangte Resultat, auf unvollkommene Angaben von Bematisten gegründet, welches unser Interesse erregt; es ist das Streben, sich von dem engen Raume des heimatlichen Landes zu der Kenntnis der Größe des Erdballs zu erheben.

Ein ähnliches Streben nach Verallgemeinerung der Ansichten bezeichnet in dem Zeitalter der Ptolemäer die glänzenden Fortschritte einer wissenschaftlichen Kenntnis der Himmelsräume. Ich erinnere hier an die Bestimmungen der Fixsternörter der frühesten alexandrinischen Astronomen Aristyllus und Timocharis, an Aristarch von Samos, den Zeitgenossen des Kleanthes, welcher, mit altpythagoreischen Ansichten vertraut, die räumliche Konstruktion des ganzen Weltgebäudes zu ergründen wagte, den unermeßlichen Abstand des Fixsternhimmels von unserem kleinen Planetensysteme zuerst erkannte, ja die zweifache Bewegung der Erde um ihre Achse und fortschreitend um die Centralsonne mutmaßte; an den Seleucus aus Erythrä (oder aus Babylon[74]), der ein Jahrhundert später die noch wenig Anklang findende (kopernikanische) Meinung des Samiers zu begründen suchte; an Hipparch, den Schöpfer der wissenschaftlichen Astronomie, den größten selbstbeobachtenden Astronomen des ganzen Altertums. Hipparch war unter den Griechen der eigentliche Urheber astronomischer Tafeln, der Entdecker des Vorrückens der Nachtgleichen. Seine eigenen Fixsternbeobachtungen (zu Rhodus, nicht zu Alexandria angestellt), als er sie mit denen des Timocharis und Aristyllus verglichen, leiteten ihn (wahrscheinlich ohne das Auflodern eines neuen Sternes) zu dieser großen Entdeckung, auf welche eine langfortgesetzte Beobachtung des Frühaufgangs des Sirius die Aegypter allerdings sollte geführt haben können.[75]

Ein eigentümlicher Charakterzug der Hipparchischen Bestrebungen ist noch der gewesen, Erscheinungen in den Himmelsräumen zu geographischen Ortsbestimmungen zu benutzen. Eine solche Verbindung der Erd- und Himmelskunde, der Reflex der

einen auf die andere, belebte wie durch einigende Vermittelung die große Idee des Kosmos. Die Konstruktion einer neuen Weltkarte des Hipparchus, auf die des Eratosthenes begründet, beruht, wo die Anwendung astronomischer Beobachtungen möglich war, auf Mondfinsternissen und Schattenmessungen für die geographischen Längen und Breiten. Die hydraulische Uhr des Ktesibius, eine Vervollkommnung der früheren Klepsidren, konnte genauere Zeitmessungen verschaffen, während für Bestimmungen im Raume vom alten Gnomon und den Skaphen an bis zu der Erfindung von Astrolabien, von Solstitialarmillen und Diopterlinealen den alexandrinischen Astronomen allmählich bessere Winkelmesser dargeboten wurden. So gelangte stufenweise der Mensch wie durch neue Organe zu einer genaueren Kenntnis der Bewegungen im Planetensysteme. Nur die Kenntnis von der absoluten Größe, Gestaltung, Masse und physischen Beschaffenheit der Weltkörper machte jahrtausendelang keine Fortschritte.

Nicht allein mehrere selbstbeobachtende Astronomen des alexandrinischen Museums waren ausgezeichnete Geometer, das Zeitalter der Ptolemäer war überhaupt die glänzendste Epoche der Bearbeitung des mathematischen Wissens. Es erscheinen in demselben Jahrhundert Euklides, der Schöpfer der Mathematik als Wissenschaft, Apollonius von Perga und Archimedes, der Aegypten besuchte und durch Konon mit der alexandrinischen Schule zusammenhing. Der lange Weg, welcher von der sogenannten geometrischen Analysis des Plato und den Menächmeischen Dreigestalten bis zu dem Zeitalter von Kepler und Tycho, Euler und Clairaut, d'Alembert und Laplace führt, bezeichnet eine Reihe mathematischer Entdeckungen, ohne welche die Gesetze der Bewegung der Weltkörper und ihre gegenseitigen Verhältnisse in den Himmelsräumen dem Menschengeschlechte nicht offenbart worden wären. Wie das Fernrohr, ein sinnliches näherndes, raumdurchdringendes Hilfsmittel, hat die Mathematik, durch Ideenverknüpfung in jene ferne Himmelsregionen geführt, von einem Teil derselben sicheren Besitz genommen; ja bei Anwendung aller Elemente, die der Standpunkt der heutigen Astronomie gestattet, hat in unseren für Erweiterung des Wissens glücklichen Tagen das geistige Auge einen Weltkörper[76] gesehen, ihm seinen Himmelsort, seine Bahn und seine Masse angewiesen, ehe noch ein Fernrohr auf ihn gerichtet war!

IV.

Römische Weltherrschaft. — Einfluß eines großen Staatsverbandes auf die kosmischen Ansichten. — Fortschritte der Erdkunde durch Landhandel. — Strabo und Ptolemäus. — Anfänge der mathematischen Optik und des chemischen Wissens. — Versuch einer physischen Weltbeschreibung durch Plinius. — Die Entstehung des Christentums erzeugt und begünstigt das Gefühl von der Einheit des Menschengeschlechts.

Wenn man die geistigen Fortschritte der Menschheit und die allmähliche Erweiterung kosmischer Ansichten verfolgt, so tritt die Periode der römischen Weltherrschaft als einer der wichtigsten Zeitpunkte hervor. Alle die fruchtbaren Erdstriche, welche das Becken des Mittelmeers umgeben, finden wir nun zum erstenmal in einem engen Staatsverbande vereinigt. Große Ländermassen haben sich ihm besonders in Osten angeschlossen.

Es ist hier der Ort, aufs neue daran zu erinnern, wie das Bild, das ich mich bestrebe als Geschichte der Weltanschauung in allgemeinen Zügen zu entwerfen, eben durch das Auftreten eines solchen Staatsverbandes eine objektive Einheit der Darstellung empfängt. Unsere Civilisation, d. i. die geistige Entwickelung aller Völker des ganzen europäischen Kontinents, kann man als gewurzelt betrachten in der der Anwohner des Mittelländischen Meerbeckens, und zunächst in der Civilisation der Griechen und Römer. Was wir vielleicht nur zu ausschließlich klassische Litteratur nennen, erhielt diese Bezeichnung durch die Kenntnis von dem Ursprunge unseres frühesten Wissens, von der ersten Anregung zu solchen Ideenkreisen und Gefühlen, die mit der Vermenschlichung und Geisteserhebung eines Volksstammes am innigsten verwandt sind. Es wird in dieser Betrachtungsweise keineswegs für unwichtig erklärt, was dem großen Strome griechischer und römischer Kultur auf mannigfaltigen, noch nicht genugsam ergründeten

Wanderungswegen aus dem Nilthale und aus Phönizien, vom Euphrat her oder aus Indien zugeführt worden ist; aber auch diese fremdartigen Elemente verdanken wir zuerst dem Griechentume und den von Etruskern und Griechen umgebenen Römern. Wie spät erst haben die großen Denkmäler älterer Kulturvölker unmittelbar durchforscht, gedeutet, nach ihrem relativen Alter geordnet werden können! Wie spät sind Hieroglyphen und Keilschriften gelesen worden, vor denen jahrtausendelang Heerscharen und Karawanen vorbeigezogen waren, ohne etwas von ihrem Inhalte zu ahnen!

Das Becken des Mittelmeeres ist allerdings in seinen beiden vielgegliederten, nördlichen Halbinseln der Ausgangspunkt rationeller und politischer Bildung für diejenigen Nationen gewesen, welche jetzt den, wir hoffen unvergänglichen, täglich sich mehrenden Schatz wissenschaftlicher Kenntnisse und schöpferischer Kunstthätigkeiten besitzen, welche Gesittung und mit ihr erst Knechtschaft und dann unwillkürlich Freiheit über eine andere Erdhälfte verbreiten; aber es bleiben doch auch in unserer Erdhälfte, wie durch die Gunst des Schicksals wieder Einheit und Mannigfaltigkeit anmutig miteinander gepaart. Die Elemente, die aufgenommen wurden, waren so verschieden als ihre Aneignung und Transformation nach den grell kontrastierenden Eigentümlichkeiten und den individuellen Gemütsrichtungen der einzelnen Völkerrassen von Europa. Selbst jenseits des Ozeans bewahren Kolonieen und Ansiedelungen, die mächtige freie Staaten geworden sind oder hoffentlich einst sich organisch dazu ausbilden werden, den Reflex dieser Kontraste.

Der römische Staat in der Form einer Monarchie unter den Cäsaren ist, nach seinem Flächeninhalte[77] betrachtet, an absoluter Größe allerdings von der chinesischen Weltherrschaft unter der Dynastie der Thsin und der östlichen Han (30 Jahre vor bis 116 Jahre nach unserer Zeitrechnung), von der Weltherrschaft der Mongolen unter Dschingischan und dem jetzigen Areal des russischen, europäisch-asiatischen Kaiserreichs übertroffen worden; aber, die einzige spanische Monarchie, solange sie über den neuen Kontinent ausgebreitet war, ausgenommen, ist nie eine größere Masse durch Klima, Fruchtbarkeit und Weltstellung begünstigter Erdstriche unter einem Zepter verbunden gewesen, denn in dem römischen Reiche von Oktavian bis Konstantin.

Von dem westlichen Ende Europas bis zum Euphrat, von Britannien und einem Teile Kaledoniens bis Gätulien

und zur Grenze des wüsten Libyens bot sich nicht bloß die größte Mannigfaltigkeit von Bodengestaltung, organischen Erzeugnissen und physischen Erscheinungen dar, auch das Menschengeschlecht zeigte sich dort in allen Abstufungen seiner Kultur und Verwilderung, im Besitze alten Wissens und lang geübter Künste, wie im ersten Dämmerlichte des intellektuellen Erwachens. Ferne Expeditionen in Norden und Süden, nach den Bernsteinküsten, und unter Aelius Gallus und Balbus nach Arabien und zu den Garamanten wurden mit ungleichem Glücke ausgeführt. Vermessungen des ganzen Reiches wurden durch griechische Geometer (Zenodoxus und Polykletus) schon unter Augustus begonnen; auch Itinerarien und Spezialtopographieen angefertigt (was freilich im chinesischen Reiche viele Jahrhunderte früher geschah), um sie unter die einzelnen Statthalter der Provinzen zu verteilen. Es waren die ersten statistischen Arbeiten, welche Europa aufzuweisen hat. Römerstraßen, in Milien geteilt, durchschnitten viele ausgedehnte Präfekturen; ja Hadrian besuchte, doch nicht ohne Unterbrechung, in einer elfjährigen Reise sein Weltreich von der Iberischen Halbinsel an bis Judäa, Aegypten und Mauretanien. So war ein großer der römischen Herrschaft unterworfener Teil der Welt aufgeschlossen und wegsam gemacht: pervius orbis, wie mit minderem Rechte von dem ganzen Erdkreise der Chor[78] in der Medea des Seneca weissagt.

Bei dem Genusse eines langen Friedens hätte man vielleicht erwarten sollen, daß die Vereinigung so ausgedehnter, unter den verschiedenartigsten Klimaten gelegener Länder zu einer Monarchie, daß die Leichtigkeit, mit der Staatsbeamte mit einem zahlreichen Gefolge vielseitig gebildeter Männer die Provinzen durchreisten, nicht bloß der Erdbeschreibung, sondern der gesamten Naturkunde und den höheren Ansichten über den Zusammenhang der Erscheinungen auf eine außerordentliche Weise förderlich gewesen sein würde, aber so hochgespannte Erwartungen sind nicht in Erfüllung gegangen. In dieser langen Periode der ungeteilten römischen Weltherrschaft, in fast vier Jahrhunderten, erhoben sich als Beobachter der Natur nur Dioskorides der Cilicier und Galenus von Pergamus. Der erstere, die Zahl der beschriebenen Pflanzenarten ansehnlich vermehrend, steht tief unter dem philosophisch kombinierenden Theophrast, während durch Feinheit der Zergliederung und den Umfang physiologischer Entdeckungen Galenus, welcher seine Beobachtungen auf mehrere Tiergattungen ausge-

dehnt hat, „sehr nahe neben Aristoteles und meist über ihn gestellt werden kann“. Dieses Urteil hat Cuvier gefällt.

Neben Dioskorides und Galenus glänzt nur noch ein dritter großer Name, der des Ptolemäus. Wir nennen ihn hier nicht als astronomischen Systematiker oder als Geographen; sondern als experimentierenden, die Strahlenbrechung messenden Physiker, als ersten Gründer eines wichtigen Teils der Optik. Seine ganz unbezweifelbaren Rechte sind erst spät erkannt worden.[79] So wichtig auch die Fortschritte in der Sphäre des organischen Lebens und in den allgemeinen Ansichten der vergleichenden Zootomie waren, müssen doch hier in einer Periode, welche der der Araber um eine halbes Jahrtausend vorhergeht, *physische Experimente* über den Gang der Lichtstrahlen unsere Aufmerksamkeit besonders fesseln. Es ist wie der erste Schritt in einer neugeöffneten Laufbahn, in dem Streben nach einer *mathematischen Physik*.

Die ausgezeichneten Männer, welche wir soeben genannt als wissenschaftlichen Glanz über die Kaiserzeit verbreitend (der tiefsinnige, aber noch symbolose, arithmetische Algebrist Diophantus[80] gehört einer späteren Zeit an), sind alle griechischen Stammes. Bei dem Zwiespalt der Bildung, den die römische Weltherrschaft darbietet, blieb dem älteren, glücklicher organisierten Kulturvolke, den Hellenen, die Palme; aber es zerstreuten sich nach dem allmählichen Untergange der ägyptisch-alexandrinischen Schule die geschwächten Lichtpunkte des Wissens und des rationellen Forschens; sie erscheinen erst später wieder in Griechenland und Kleinasien. Wie in allen unumschränkten Monarchieen, welche bei einem ungeheuren Umfange aus den heterogensten Elementen zusammengesetzt sind, war das Streben der Regierung hauptsächlich darauf gerichtet, durch militärischen Zwang und durch die innere Rivalität einer vielfach geteilten Administration die drohende Zerstückelung des Länderverbandes abzuwenden, durch Wechsel von Strenge und Milde den Familienzwist im Hause der Cäsaren zu verdecken, unter edlen Herrschern den Völkern die Ruhe zu geben, welche der ungehinderte, still ertragene Despotismus periodenweise gewähren kann.

Das Erringen der römischen Weltherrschaft ist allerdings ein Werk gewesen der Größe des römischen Charakters, einer lang bewährten Sittenstrenge, einer ausschließlichen, mit hohem Selbstgefühl gepaarten Vaterlandsliebe. Nachdem aber die Weltherrschaft errungen war, fanden sich nach dem unvermeid-

lichen Einflusse der hervorgerufenen Verhältnisse jene herrlichen Eigenschaften allmählich geschwächt und umgewandelt. Mit dem Nationalgeiste erlosch die volkstümliche Beweglichkeit der einzelnen. Es verschwanden Oeffentlichkeit und Bewahrung der Individualität der Menschen, die zwei Hauptstützen freier Verfassungen. Die ewige Stadt war das Centrum eines zu großen Kreises geworden. Es fehlte der Geist, der einen so vielteiligen Staatskörper hätte dauernd beseelen können. Das Christentum wurde Staatsreligion, als das Reich bereits tief erschüttert und die Milde der neuen Lehre durch den dogmatischen Zwist der Parteien in ihren wohlthätigen Wirkungen gestört war. Auch begann schon damals „der lästige Kampf des Wissens und des Glaubens", welcher unter mancherlei Gestaltung, der Forschung hinderlich, durch alle Jahrhunderte fortgesetzt wird.

Wenn aber auch seinem Umfange und seiner durch den Umfang bedingten Verfassung nach das römische Kaiserreich, ganz im Gegensatz des partiellen selbständigen Lebens der kleinen hellenischen Republiken, die schaffende geistige Kraft der Menschheit nicht zu beleben und zu stärken vermochte, so bot es dagegen andere eigentümliche Vorteile dar, die hier zu bezeichnen sind. Es entstand ein großer Reichtum von Ideen als Folge der Erfahrung und vielseitiger Beobachtung. Die Welt der Objekte wurde ansehnlich vergrößert, und so für spätere Zeiten einer denkenden Betrachtung der Naturerscheinungen vorgearbeitet. Der Völkerverkehr wurde durch die Römerherrschaft belebt, die römische Sprache verbreitet über den ganzen Occident und einen Teil des nördlichen Afrikas. Im Orient blieb das Griechentum heimisch, nachdem das baktrische Reich schon längst unter Mithridates I. (dreizehn Jahre vor dem Einfall der Saken oder Skythen) zerstört war.

Der Ausdehnung, d. h. der geographischen Verbreitung nach gewann, selbst ehe der Sitz des Reiches nach Byzanz verlegt wurde, die römische Sprache über die griechische. Dieses Eindringen zweier hochbegabter, an litterarischen Denkmalen reicher Idiome wurde ein Mittel der größeren Verschmelzung und Einigung der Volksstämme, ein Mittel zugleich, die Gesittung und Bildungsfähigkeit zu vermehren, „den Menschen (wie Plinius[81] sagt) menschlich zu machen und ihm ein gemeinsames Vaterland zu geben". So viel Verachtung auch im ganzen der Sprache der Barbaren (der stummen, ἄγλωσσοι nach Pollux) zugewandt war, gab es doch einzelne Beispiele, daß

in Rom, nach dem Vorbilde der Lagiden, die Uebertragung eines litterarischen Werkes aus dem Punischen in das Lateinische befördert wurde. Die Schrift des Majo vom Ackerbau ist bekanntlich auf Befehl des römischen Senats übersetzt worden.

Wenn das Weltreich der Römer im Westen des alten Kontinents, wenigstens an der nördlichen Küste des Mittelmeeres, schon das heilige Vorgebirge, also das äußerste Ende erreicht hatte, so erstreckte es sich im Osten selbst unter Trajan, der den Tigris beschiffte, doch nur bis zum Meridian des Persischen Meerbusens. Nach dieser Seite hin war in der Periode, welche wir schildern, der Fortschritt des Völkerverkehrs, des für die Erdkunde wichtigen Landhandels am größten. Nach dem Sturze des griechisch-battrischen Reiches begünstigte dazu die aufblühende Macht der Arsaciden den Verkehr mit den Serern; doch war derselbe nur ein mittelbarer, indem der unmittelbare Kontakt der Römer mit Innerasien durch den lebhaften Zwischenhandel der Parther gestört wurde. Bewegungen, die aus dem fernsten China ausgingen, veränderten stürmisch schnell, wenn auch nicht auf eine lange Dauer, den politischen Zustand der ungeheuren Länderstrecke, welche sich zwischen dem vulkanischen Himmelsgebirge (Thian-schan) und der Kette des nördlichen Tibet (dem Kuen-lün) hinzieht. Eine chinesische Kriegsmacht bedrängte die Hiungnu, machte zinsbar die kleinen Reiche von Khotan und Kaschgar, und trug ihre siegreichen Waffen bis an die östliche Küste des Kaspischen Meeres. Das ist die große Expedition des Feldherrn Pantschab unter dem Kaiser Mingti aus der Dynastie der Han. Sie fällt in die Zeiten des Vespasian und Domitianus. Chinesische Schriftsteller schreiben sogar dem kühnen und glücklichen Feldherrn einen großartigeren Plan zu; sie behaupten, er habe das Reich der Römer (Tathsin) angreifen wollen, aber die Perser hätten ihn abgemahnt. So entstanden Verbindungen zwischen den Küsten des Stillen Meeres, dem Schensi und jenem Oxusgebiete, in welchem von früher Zeit her ein lebhafter Handel mit dem Schwarzen Meere getrieben wurde.

Die Richtung der großen Völkerfluten in Asien war von Osten nach Westen, in dem neuen Kontinente von Norden gegen Süden. Anderthalb Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung, fast zur Zeit der Zerstörung von Korinth und Karthago, gab der Anfall der Hiungnu (eines türkischen Stammes, den Deguignes und Johannes Müller mit den finnischen Hunnen verwechseln) auf die blonde und blauäugige, wahrscheinlich

indogermanische Rasse[82] der Yueti (Geten?) und Usün, nahe an der chinesischen Mauer, den ersten Anstoß zu der Völkerwanderung, welche die Grenzen von Europa erst um ein halbes Jahrtausend später berührte. So hat sich langsam die Völkerwelle vom oberen Flußthal des Hoangho nach Westen bis zum Don und zur Donau fortgepflanzt, und Bewegungen nach entgegengesetzten Richtungen haben in dem nördlichen Gebiete des alten Kontinents einen Teil des Menschengeschlechts mit dem anderen zuerst in feindlichen, später in kommerziellen, friedlichen Kontakt gebracht. So werden große Volksströmungen, fortschreitend wie die Strömungen des Ozeans zwischen ruhenden, unbewegten Massen, Begebenheiten von kosmischer Bedeutung.

Unter der Regierung des Kaisers Claudius kam die Gesandtschaft des Rachias aus Ceylon über Aegypten nach Rom. Unter dem Marcus Aurelius Antoninus (bei den Geschichtsschreibern der Dynastie der Han An-tun genannt) erschienen römische Legaten am chinesischen Hofe. Sie waren zu Wasser über Tunkin gekommen. Wir bezeichnen hier die ersten Spuren eines ausgebreiteten Verkehrs des Römerreiches mit China und Indien schon deshalb, weil höchst wahrscheinlich durch diesen Verkehr in beide Länder, ungefähr in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung, die Kenntnis der griechischen Sphäre, des griechischen Tierkreises und der astrologischen Planetenwoche verbreitet worden ist. Die großen indischen Mathematiker Warahamihira, Brahmagupta und vielleicht selbst Aryabhatta sind neuer als die Periode, die wir hier schildern;[83] aber was früher schon auf ganz einsamen, abgesonderten Wegen in Indien entdeckt war und diesem altgebildeten Volke ursprünglich zugehört, kann auch vor Diophantus durch den unter den Lagiden und Cäsaren so ausgebreiteten Welthandel teilweise in den Occident eingedrungen sein. Es soll hier nicht unternommen werden, abzusondern, was jedem Völkerstamme und jeder Zeitepoche eigentümlich ist; es ist genug, an die Wege zu erinnern, die dem Ideenverkehr geöffnet waren.

Wie vielfach diese Wege und alle Fortschritte des allgemeinen Verkehrs geworden waren, bezeugen am lebhaftesten die Riesenwerke des Strabo und Ptolemäus. Der geistreiche Geograph von Amasea hat nicht die Hipparchische Genauigkeit des Meßbaren und die Ansichten mathematischer Erdkunde des Ptolemäus; aber an Mannigfaltigkeit des Stoffes, an Großartigkeit des entworfenen Planes übertrifft sein Wert

alle geographischen Arbeiten des Altertums. Strabo hatte, wie er sich dessen gern rühmt, einen beträchtlichen Teil des Römerreiches mit eigenen Augen gesehen: „von Armenien bis an die tyrrhenischen Küsten, vom Euxinus bis an die Grenzen Aethiopiens". Nachdem er als Fortsetzung des Polybius 43 Geschichtsbücher vollendet, hatte er in seinem 83 Lebensjahre[84] den Mut, die Redaktion seines geographischen Werkes zu beginnen. Er erinnert, „daß zu seiner Zeit die Herrschaft der Römer und Parther die Welt eröffnet haben, mehr noch als Alexanders Heerzüge, auf die Eratosthenes sich stützen konnte". Der indische Handel war nicht mehr in den Händen der Araber; Strabo staunte in Aegypten über die vermehrte Zahl der Schiffe, die von Myos Hormos unmittelbar nach Indien segeln, ja seine Einbildungskraft führte ihn weiter über Indien hinaus an die östliche Küste von Asien. Da, wo nach ihm in dem Parallel der Herkulessäulen und der Insel Rhodus eine zusammenhängende Gebirgskette (Fortsetzung des Taurus) den alten Kontinent in seiner größten Breite durchzieht, ahnet er die Existenz eines anderen Festlandes zwischen dem westlichen Europa und Asien. „Es ist sehr wohl möglich," sagt er,[85] „daß in demselben gemäßigten Erdgürtel nahe an dem Parallelkreise von Thinä (oder Athen?), welcher durch das Atlantische Meer geht, außer der von uns bewohnten Welt noch eine andere oder selbst mehrere liegen, mit Menschen bevölkert, die von uns verschieden sind." Es muß wunder nehmen, daß dieser Ausspruch nicht die Aufmerksamkeit der spanischen Schriftsteller auf sich gezogen hat, welche am Anfang des 16. Jahrhunderts überall in den Klassikern Spuren einer Kenntnis des neuen Weltteils zu finden glaubten.

„Wie bei allen Kunstwerken," sagt Strabo schön, „die etwas Großes darstellen sollen, es nicht vorzüglich auf die Vollendung einzelner Teile ankommt," so wolle er „in seinem Riesenwerke" auch vor allem den Blick auf die Gestaltung des Ganzen heften. Dieser Hang nach Verallgemeinerung der Ideen hat ihn nicht abgehalten, gleichzeitig eine große Zahl trefflicher physikalischer, besonders geognostischer Resultate[86] aufzustellen. Er behandelt wie Posidonius und Polybius den Einfluß der schneller oder langsamer aufeinander folgenden Durchgänge der Sonne durch den Zenith auf das Maximum der Luftwärme unter dem Wendekreise oder dem Aequator, die mannigfaltigen Ursachen der Veränderungen, welche die

Erdfläche erlitten, den Durchbruch abgeschlossener Seen, das allgemeine, schon von Archimedes anerkannte Niveau der Meere, die Strömungen derselben, die Eruption unterseeischer Vulkane, Muschelversteinerungen und Fischabdrücke; ja, was am meisten unsere Aufmerksamkeit auf sich zieht, weil es der Kern der neueren Geognosie geworden ist, die periodischen Oszillationen der Erdrinde. Strabo sagt ausdrücklich, daß die veränderten Grenzen zwischen Meer und Land mehr der Hebung und Senkung des Bodens als den kleinlichen Anschwemmungen zuzuschreiben seien; „daß nicht bloß einzelne Felsmassen oder kleine und große Inseln, sondern ganze Kontinente können emporgehoben werden". Wie Herodot, ist Strabo auch auf die Abstammung der Völker und die Rassenverschiedenheit des Menschen aufmerksam, welchen er merkwürdig genug „ein Land und Lufttier" nennt, das „vieles Lichtes bedürftig" ist. Die ethnologische Absonderung der Stämme finden wir am schärfsten aufgefaßt in den Kommentaren des Julius Cäsar wie in des Tacitus herrlicher Lobrede auf den Agricola.

Leider ist Strabos großes, an Thatsachen so reichhaltiges Werk, dessen kosmische Ansichten wir hier zusammenstellen, in dem römischen Altertume bis in das 5. Jahrhundert fast unbekannt, selbst von dem vielsammelnden Plinius unbenutzt geblieben. Es hat erst am Ende des Mittelalters auf die Richtung der Ideen gewirkt, aber in minderem Maße als die mehr mathematische, den physikalischen Ansichten fast ganz entfremdete, tabellarisch-nüchterne Geographie des Claudius Ptolemäus. Letztere ist bis in das 16. Jahrhundert der Leitfaden aller Reisenden gewesen. Was man entdeckte, glaubte man fast immer in ihr unter anderen Benennungen zu erkennen. Wie die Naturhistoriker lange neu aufgefundene Pflanzen und Tiere den klassischen Verzeichnissen des Linnäus anschlossen, so erschienen auch die frühesten Karten des neuen Kontinents in dem Atlas des Ptolemäus, welchen Agathodämon zu derselben Zeit anfertigte, als im fernsten Asien bei den hochgebildeten Chinesen schon die westlichen Provinzen des Reiches in vierundvierzig Abteilungen verzeichnet waren. Die Universalgeographie des Ptolemäus hat allerdings den Vorzug, uns die ganze Welt sowohl graphisch (in Umrissen) als numerisch (in sogenannten Ortsbestimmungen nach Längen, Polhöhen und Tagesdauer) darzustellen; aber so oft auch in derselben der Vorzug astronomischer Resultate vor den Angaben der Weglängen zu Wasser und zu Lande ausgesprochen wird, ist

doch leider in jenen unsicheren Ortsbestimmungen (über 2500 an der Zahl) nicht zu erkennen, auf welche Art von Fundamenten sie gegründet sind, welche relative Wahrscheinlichkeit nach den damaligen Itinerarien ihnen zugeschrieben werden könne. Die völlige Unkenntnis der Nordweisung der Magnetnadel, d. i. der Nichtgebrauch der Bussole, welche schon 1250 Jahre vor Ptolemäus neben einem Wegmesser in der Konstruktion der magnetischen Wagen des chinesischen Kaisers Tschingwang angebracht war, machte bei Griechen und Römern die ausführlichsten Itinerarien wegen Mangels der Sicherheit in den Richtungen[87] (in dem Winkel mit dem Meridian) höchst ungewiß.

Je mehr man in der neuesten Zeit mit den indischen Sprachen und der altpersischen (dem Zend) bekannt geworden ist, desto mehr hat man erstaunen müssen, wie ein großer Teil der geographischen Nomenklatur des Ptolemäus als geschichtliches Denkmal von den Handelsverbindungen zwischen dem Occident und den fernsten Regionen von Süd- und Mittelasien zu betrachten ist.[88] Für eine der wichtigsten Folgen solcher Handelsverbindungen darf auch die richtige Ansicht der völligen Abgeschlossenheit des Kaspischen Meeres gelten, eine Ansicht, welche die ptolemäische Erdkunde nach fünfhundertjährigem Irrtume wiederherstellte. Herodot und Aristoteles (der letztere schrieb seine Meteorologica glücklicherweise vor den asiatischen Feldzügen Alexanders) hatten diese Abgeschlossenheit gekannt. Die Olbiopoliten, aus deren Munde der Vater der Geschichte seine Nachrichten schöpfte, waren vertraut mit der nördlichen Küste des Kaspischen Meeres zwischen der Kuma, der Wolga (Rha) und dem Jaik (Ural). Nichts konnte dort bei ihnen die Idee eines Ausflusses nach dem Eismeere anregen. Ganz andere Ursachen der Täuschung boten sich dem Heere Alexanders dar, welches über Hekatompylos (Damaghan) in die feuchten Waldungen des Mazenderan herabstieg und das Kaspische Meer bei Zadrakarta, etwas westlich von dem jetzigen Asterabad, sich endlos gegen Norden hindehnen sah. Dieser Anblick erzeugte, wie Plutarch in dem Leben Alexanders erzählt, zuerst die Vermutung, das gesehene Meer sei ein Busen des Pontus. Die macedonische Expedition, im ganzen wohlthätig für die Fortschritte der Erdkunde, führte zu einzelnen Irrtümern, die sich lange erhalten haben. Der Tanais wurde mit dem Jaxartes (Herodots Araxes), der Kaukasus mit dem Paropamisus (Hindu-Khu) verwechselt.

Ptolemäus konnte durch seinen Aufenthalt in Alexandrien sichere Nachrichten aus den Ländern, welche das Kaspische Meer zunächst umgrenzen (aus Albanien, Atropatene und Hyrkanien), wie von den Zügen der Aorser haben, deren Kamele indische und babylonische Waren zum Don und zum Schwarzen Meere führten. Wenn er, gegen Herodots richtigere Kenntnis, die große Achse des Kaspischen Binnenmeeres von Westen gegen Osten gerichtet glaubte, verführte ihn vielleicht eine dunkle Kenntnis der ehemaligen großen Ausdehnung des skythischen Golfes (Karabogas) und der Existenz des Aralsees, dessen erste bestimmte Andeutung wir bei einem byzantinischen Schriftsteller, dem Menander, welcher den Agathias fortsetzte, finden.

Es ist zu beklagen, daß Ptolemäus, der das Kaspische Meer wiederum geschlossen, nachdem es durch die Hypothese von vier Meerbusen und selbst nach Reflexen in der Mondscheibe[89] lange für geöffnet gehalten wurde, nicht die Mythe von dem unbekannten Südlande aufgegeben hat, welches das Vorgebirge Parsum mit Kattigara und Thinä, Sinarum metropolis, also Ostafrika mit dem Lande der Tsin (China), verbinden sollte. Diese Mythe, welche den Indischen Ozean zu einem Binnenmeer macht, wurzelt in Ansichten, die von Marinus aus Tyrus zu Hipparch und Seleucus dem Babylonier, ja selbst bis zum Aristoteles hinaufsteigen. Es muß in diesen kosmischen Schilderungen fortschreitender Weltansicht genügen, durch einige wenige Beispiele daran erinnert zu haben, wie durch lange Schwankungen im Erkennen und Wissen das schon halb Erkannte oft wieder verdunkelt wird. Je mehr durch Erweiterung der Schiffahrt und des Landhandels man glauben durfte, das Ganze der Erdgestaltung zu begreifen, desto mehr versuchte, besonders im alexandrinischen Zeitalter, unter den Lagiden und der römischen Weltherrschaft, die nie schlummernde Einbildungskraft der Hellenen, in sinnreichen Kombinationen alte Ahnungen mit neuem wirklichen Wissen zu verschmelzen und die kaum entworfene Erdkarte vorschnell zu vollenden.

Wir haben bereits oben beiläufig daran erinnert, wie Claudius Ptolemäus durch seine Optik, welche uns die Araber, wenngleich sehr unvollständig, erhalten haben, der Gründer eines Teils der mathematischen Physik geworden ist, eines Teils, der freilich nach Theon von Alexandrien[90] in Hinsicht auf die Strahlenbrechung schon in der Katoptrik des Archimedes berühmt worden war. Es ist ein wichtiger Fortschritt,

wenn physische Erscheinungen, statt bloß beobachtet und mit einander verglichen zu werden, wovon wir denkwürdige Beispiele in dem griechischen Altertume in den inhaltreichen pseudo aristotelischen Problemen, in dem römischen Altertume bei Seneca vorfinden, willkürlich unter veränderten Bedingungen hervorgerufen[91] und gemessen werden. Dieses Hervorrufen und Messen charakterisiert die Untersuchungen des Ptolemäus über die Brechung der Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch Mittel ungleicher Dichtigkeit. Ptolemäus leitet die Strahlen von der Luft in Wasser und in Glas, wie von Wasser in Glas unter verschiedenen Einfallswinkeln. Die Resultate solcher physischen Experimente werden von ihm in Tabellen zusammengestellt. Diese Messung einer absichtlich hervorgerufenen physischen Erscheinung, eines Naturprozesses, der nicht auf Bewegung von Lichtwellen reduziert ist (Aristoteles nahm beim Lichte eine Bewegung des Mittels zwischen dem Auge und dem Gesehenen an), steht ganz isoliert in dem Zeitraume, den wir hier behandeln. Es bietet derselbe in der Erforschung der elementaren Natur nur noch einige wenige chemische Arbeiten (Experimente) des Dioskorides dar und, wie ich an einem anderen Orte entwickelt habe, die technische Kunst des Auffangens übergetriebener tropfbarer Flüssigkeiten in echten Destillirapparaten. Da Chemie erst dann beginnt, wenn der Mensch sich mineralische Säuren, als mächtige Mittel der Lösung und Entfesselung der Stoffe, verschaffen kann, so ist die von Alexander aus Aphrodisias unter Caracalla beschriebene Destillation des Seewassers einer großen Beachtung wert. Sie bezeichnet den Weg, auf welchem man allmählich zur Kenntnis der Heterogeneität der Stoffe, ihrer chemischen Zusammensetzung und gegenseitigen Anziehungskraft gelangt ist.

In der organischen Naturkunde ist neben dem Anatomen Marinus, dem Affenzergliederer Rufus von Ephesus, welcher Empfindungs- und Bewegungsnerven unterschied, und dem alle verdunkelnden Galenus von Pergamus kein anderer Name zu nennen. Die Tiergeschichte des Aelianus aus Präneste, das Fischgedicht des Ciliciers Oppianus enthalten zerstreute Notizen, nicht Thatsachen auf eigene Forschung gegründet. Es ist kaum zu begreifen, wie die Unzahl[92] seltener Tiere, welche vier Jahrhunderte im römischen Cirkus gemordet wurden (Elefanten, Rhinozeros, Nilpferde, Elentiere, Löwen, Tiger, Panther, Krokodile und Strauße), für die vergleichende

Anatomie so völlig unbenutzt blieben. Des Verdienstes des Dioskorides um die gesamte Pflanzenkunde ist schon oben gedacht worden; er hat einen mächtigen, langdauernden Einfluß auf die Botanik und pharmazeutische Chemie der Araber ausgeübt. Der botanische Garten des über hundert Jahre erreichenden Arztes Antonius Castor zu Rom, vielleicht den botanischen Gärten des Theophrast und Mithridates nachgebildet, hat den Wissenschaften wahrscheinlich nicht mehr genutzt als die Sammlung fossiler Knochen des Kaisers Augustus oder die Naturaliensammlung, die man aus sehr schwachen Gründen dem geistreichen Apulejus von Madaura zugeschrieben hat."

Am Schluß der Darstellung dessen, was zu der Zeit römischer Weltherrschaft in Erweiterung des kosmischen Wissens geleistet worden ist, muß noch des großartigen Unternehmens einer Weltbeschreibung gedacht werden, welche Cajus Plinius Secundus in 37 Büchern zu umfassen strebte. Im ganzen Altertume ist nichts Aehnliches versucht worden; und wenn das Werk auch während seiner Ausführung in eine Art von Encyklopädie der Natur und Kunst ausartete (der Verfasser, in der Zueignung an den Titus, scheuet sich selbst nicht, den damals edleren griechischen Ausdruck ἐγκυκλοπαιδεία, gleichsam den „Inbegriff und Vollkreis allgemeiner Bildungswissenschaften", auf sein Werk anzuwenden), so ist es doch nicht zu leugnen, daß trotz des Mangels eines inneren Zusammenhanges der Teile das Ganze den Entwurf einer physischen Weltbeschreibung darbietet.

Die Historia naturalis des Plinius, in der tabellarischen Uebersicht, welche jetzt das sogenannte erste Buch bildet, Historiae Mundi, in einem Briefe des Neffen an seinen Freund Macer schöner Naturae Historia genannt, begreift Himmel und Erde zugleich, die Lage und den Lauf der Weltkörper, die meteorologischen Prozesse des Luftkreises, die Oberflächengestaltung der Erde, alles Tellurische, von der Pflanzendecke und den Weichgewürmen des Ozeans an bis hinauf zu dem Menschengeschlechte. Dieses ist betrachtet nach Verschiedenheit seiner geistigen Anlagen wie in der Verherrlichung derselben zu den edelsten Blüten der bildenden Künste. Ich nenne die Elemente des allgemeinen Naturwissens, welche in dem großen Werke fast ungeordnet verteilt liegen. „Der Weg, den ich wandeln werde," sagt Plinius mit edler Zuversicht zu sich selbst, „ist unbetreten (non trita auctoribus via); keiner unter uns, keiner unter den Griechen hat unter-

nommen, einer, das Ganze (der Natur) zu behandeln (nemo apud Graecos, qui unus omnia tractaverit). Wenn mein Unternehmen mir nicht gelingt, so ist es doch etwas Schönes und Glänzendes (pulchrum atque magnificum), dergleichen versucht zu haben."

Es schwebte dem geistreichen Manne ein einziges großes Bild vor; aber, durch Einzelheiten zerstreut, bei mangelnder, lebendiger Selbstanschauung der Natur, hat er dies Bild nicht festzuhalten gewußt. Die Ausführung ist unvollkommen geblieben, nicht etwa bloß wegen der Flüchtigkeit und oftmaligen Unkenntnis der zu behandelnden Gegenstände (wir urteilen nach den exzerpierten Werken, welche uns noch heute zugänglich sind), als wegen der Fehler in der Anordnung. Man erkennt in dem Verfasser einen vielbeschäftigten, vornehmen Mann, der sich gern seiner Schlaflosigkeit und nächtlichen Arbeit rühmte, aber als Statthalter in Spanien und Oberaufseher der Flotte in Unteritalien gewiß nur zu oft seinen wenig gebildeten Untergebenen das lockere Gewebe einer endlosen Kompilation anvertraute. Dies Streben nach Kompilation, d. h. nach mühevollem Sammeln einzelner Beobachtungen und Thatsachen, wie sie das damalige Wissen liefern konnte, ist an sich keineswegs zu tadeln; das unvollkommene Gelingen des Unternehmens lag in der Unfähigkeit, den eingesammelten Stoff zu beherrschen, das Naturbeschreibende höheren, allgemeineren Ansichten unterzuordnen, den Gesichtspunkt einer vergleichenden Naturkunde festzuhalten. Die Keime zu solchen höheren, nicht bloß orographischen, sondern wahrhaft geognostischen Ansichten liegen in Eratosthenes und Strabo; der erstere wird ein einziges Mal, der zweite nie benutzt. Aus der anatomischen Tiergeschichte des Aristoteles hat Plinius weder die auf die Hauptverschiedenheit der inneren Organisation gegründete Einteilung in große Tierklassen, noch den Sinn für die allein sichere Induktionsmethode in Verallgemeinerung der Resultate zu schöpfen gewußt.

Mit pantheistischen Betrachtungen anhebend, steigt Plinius aus den Himmelsräumen zum Irdischen herab. Wie er die Notwendigkeit anerkennt, der Natur Kräfte und Herrlichkeit (naturae vis atque majestas) als ein großes und zusammenwirkendes Ganzes darzustellen (ich erinnere an das Motto auf dem Titel meiner Schrift), so unterscheidet er auch, im Eingange des dritten Buches, generelle und spezielle Erdkunde; aber dieser Unterschied wird bald wieder vernachlässigt,

wenn er sich in die dürre Nomenklatur von Ländern, Bergen und Flüssen versenkt. Den größeren Teil der Bücher VIII bis XXVII, XXXIII und XXXIV, XXXVI und XXXVII füllen Verzeichnisse aus den drei Reichen der Natur aus. Der jüngere Plinius charakterisiert in einem seiner Briefe die Arbeit des Oheims sehr richtig als ein „inhaltschweres und gelehrtes Werk, das nicht minder mannigfaltig als die Natur selbst ist (opus diffusum, eruditum, nec minus varium quam ipsa natura)." Manches, das dem Plinius zum Vorwurf gemacht worden ist, als wäre es eine unnötige und zu fremdartige Einmischung, bin ich geneigt, hier lobend hervorzuheben. Es scheint mir besonders erfreulich, daß er so oft und immer mit Vorliebe an den Einfluß erinnert, welchen die Natur auf die Gesittung und geistige Entwickelung der Menschheit ausgeübt hat. Nur die Anknüpfungspunkte sind selten glücklich gewählt (VII, 24—47, XXV, 2; XXVI, 1; XXXV, 2; XXXVI, 2—4; XXXVII, 1). Die Natur der Mineral- und Pflanzenstoffe z. B. führt zu einem Fragmente aus der Geschichte der bildenden Künste, einem Fragmente, das für den heutigen Stand unseres Wissens freilich wichtiger geworden ist als fast alles, was wir von beschreibender Naturgeschichte aus dem Werke schöpfen können.

Der Stil des Plinius hat mehr Geist und Leben als eigentliche Größe; er ist selten malerisch bezeichnend. Man fühlt, daß der Verfasser seine Eindrücke nicht aus der freien Natur, so viel er auch diese unter sehr verschiedenen Himmelsstrichen genossen, sondern aus Büchern geschöpft hat. Eine ernste, trübe Färbung ist über das Ganze ausgegossen. In diese sentimentale Stimmung ist Bitterkeit gemischt, so oft die Zustände des Menschengeschlechtes und seine Bestimmung berührt werden. Fast wie in Cicero[94], doch in minderer Einfachheit der Diktion, wird dann als aufrichtend und tröstlich geschildert der Blick in das große Weltganze der Natur.

Der Schluß der Historia naturalis des Plinius, des größten römischen Denkmals, welches der Litteratur des Mittelalters vererbt wurde, ist in dem echten Geiste einer Weltbeschreibung abgefaßt. Er enthält, wie wir ihn erst seit 1831 kennen[95], einen Blick auf die vergleichende Naturgeschichte der Länder in verschiedenen Zonen, das Lob des südlichen Europas zwischen den natürlichen Grenzen des Mittelmeeres und der Alpenkette, das Lob des hesperischen Himmels, „wo Mäßigung und sanfte Milde des Klimas (ein Dogma der

ältesten Pythagoreer) früh die Entwilderung der Menschheit beschleunigt" hätten.

Der Einfluß der Römerherrschaft als ein fortwirkend einigendes und verschmelzendes Element hat in einer Geschichte der Weltanschauung um so ausführlicher und kräftiger bezeichnet werden dürfen, als dieser Einfluß, selbst zu einer Zeit, wo die Einigung lockerer gemacht, ja durch den Sturm einbrechender Barbaren zerstört wurde, bis in seine entfernten Folgen erkannt werden kann. Noch singt Claudian, der zu einer trüben und späten Zeit, unter Theodosius dem Großen und dessen Söhnen, im Verfall der Litteratur mit neuer dichterischer Produktivität auftritt, freilich nur zu lobend, von der Herrschaft der Römer:

> Haec est, in gremium victos quae sola recepit,
> Humanumque genus communi nomine fovit,
> Matris, non dominae, ritu; civesque vocavit
> Quos domuit, nexuque pio longinqua revinxit.
> Hujus pacificis debemus moribus omnes
> Quod veluti patriis regionibus utitur hospes . . .

Aeußere Mittel des Zwanges, kunstreiche Staatsverfassungen, eine lange Gewohnheit der Knechtschaft konnten freilich einigen, sie konnten das vereinzelte Dasein der Völker aufheben, aber das Gefühl von der Gemeinschaft und Einheit des ganzen Menschengeschlechtes, von der gleichen Berechtigung aller Teile desselben hat einen edleren Ursprung. Es ist in den inneren Antrieben des Gemütes und religiöser Ueberzeugungen gegründet. Das Christentum hat hauptsächlich dazu beigetragen, den Begriff der Einheit des Menschengeschlechtes hervorzurufen; es hat dadurch auf die „Vermenschlichung" der Völker in ihren Sitten und Einrichtungen wohlthätig gewirkt. Tief mit den frühesten christlichen Dogmen verwebt, hat der Begriff der Humanität sich aber nur langsam Geltung verschaffen können, da zu der Zeit, als der neue Glaube aus politischen Motiven in Byzanz zur Staatsreligion erhoben wurde, die Anhänger desselben bereits in elenden Parteistreit verwickelt, der ferne Verkehr der Völker gehemmt und die Fundamente des Reiches mannigfach durch äußere Angriffe erschüttert waren. Selbst die persönliche Freiheit ganzer Menschenklassen hat lange in den christlichen Staaten, bei geistlichen Grundbesitzern und Korporationen, keinen Schutz gefunden.

Solche unnatürliche Hemmungen, und viele andere, welche dem geistigen Fortschreiten der Menschheit wie der Veredelung des gesellschaftlichen Zustandes im Wege stehen, werden allmählich verschwinden. Das Prinzip der individuellen und der politischen Freiheit ist in der unvertilgbaren Ueberzeugung gewurzelt von der gleichen Berechtigung des einigen Menschengeschlechtes. So tritt dieses, wie schon an einem anderen Orte gesagt worden ist, „als ein großer verbrüderter Stamm, als ein zur Erreichung eines Zweckes (der freien Entwickelung innerlicher Kraft) bestehendes Ganze" auf. Diese Betrachtung der Humanität, des bald gehemmten, bald mächtig fortschreitenden Strebens nach derselben (keineswegs die Erfindung einer neueren Zeit!) gehört durch die Allgemeinheit ihrer Richtung recht eigentlich zu dem, was das kosmische Leben erhöht und begeistigt. In der Schilderung einer großen welthistorischen Epoche, der der Herrschaft der Römer, ihrer Gesetzgebung und der Entstehung des Christentums, mußte vor allem daran erinnert werden, wie dieselbe die Ansichten des Menschengeschlechtes erweitert und einen milden, langdauernden, wenngleich langsam wirkenden Einfluß auf Intelligenz und Gesittung ausgeübt hat.

V.

Einfall der Araber. — Geistige Bildsamkeit dieses Teils des semitischen Volksstammes. — Einfluß eines fremdartigen Elements auf den Entwickelungsgang europäischer Kultur. — Eigentümlichkeit des Nationalcharakters der Araber. — Hang zum Verkehr mit der Natur und ihren Kräften. — Arzneimittellehre und Chemie. — Erweiterung der physischen Erdkunde im Inneren der Kontinente, der Astronomie und der mathematischen Wissenschaften.

Wir haben in dem Entwurf einer Geschichte der physischen Weltanschauung, d. h. in der Darstellung der sich allmählich entwickelnden Erkenntnis von einem Weltganzen, bereits vier Hauptmomente aufgezählt. Es sind: die Versuche, aus dem Becken des Mittelmeeres gegen Osten nach dem Pontus und Phasis, gegen Süden nach Ophir und den tropischen Goldländern, gegen Westen durch die Herkulessäulen in den „alles umströmenden Oceanus" vorzudringen; der macedonische Feldzug unter Alexander dem Großen, das Zeitalter der Lagiden und die römische Weltherrschaft. Wir lassen nun folgen den mächtigen Einfluß, welchen die Araber, ein fremdartiges Element europäischer Civilisation, und sechs bis sieben Jahrhunderte später die maritimen Entdeckungen der Portugiesen und Spanier auf das allgemeine physische und mathematische Naturwissen, auf Kenntnis der Erd- und Himmelsräume, ihrer meßbaren Gestaltung, der Heterogeneität der Stoffe und der ihnen inwohnenden Kräfte ausgeübt haben. Die Entdeckung und Durchforschung des neuen Kontinents, seiner vulkanreichen Kordilleren, seiner Hochebenen, in denen gleichsam die Klimate übereinander gelagert sind, seiner in 120 Breitengraden entfalteten Pflanzendecke bezeichnet unstreitig die Periode, wo dem menschlichen Geiste in dem kürzesten Zeitraum die größte Fülle neuer physischer Wahrnehmungen dargeboten wurde.

Von da an ist die Erweiterung des kosmischen Wissens nicht an einzelne politische, räumlich wirkende Begebenheiten zu knüpfen. Die Intelligenz bringt fortan Großes hervor aus eigener Kraft, nicht durch einzelne äußere Ereignisse vorzugsweise angeregt. Sie wirkt in vielen Richtungen gleichzeitig, schafft durch neue Gedankenverbindung sich neue Organe, um das zarte Gewebe des Tier- und Pflanzenbaues als Substrat des Lebens, wie die weiten Himmelsräume zu durchspähen. So erscheint das ganze 17. Jahrhundert, glänzend eröffnet durch die große Erfindung des Fernrohres, wie durch die nächsten Früchte dieser Erfindung: von Galileis Entdeckung der Jupiterstrabanten, der sichelförmigen Gestalt der Venusscheibe und der Sonnenflecken an bis zu Isaak Newtons Gravitationstheorie, als die wichtigste Epoche einer neugeschaffenen physischen Astronomie. Es zeigt sich hier noch einmal, durch Einheit der Bestrebungen in der Beobachtung des Himmels und der mathematischen Forschung hervorgerufen, ein scharf bezeichneter Abschnitt in dem großen, von nun an ununterbrochen fortlaufenden Prozesse intellectueller Entwickelung.

Unseren Zeiten näher wird das Herausheben einzelner Momente um so schwieriger, als die menschliche Thätigkeit sich vielseitiger bewegt und als mit einer neuen Ordnung in den geselligen und staatlichen Verhältnissen auch ein engeres Band alle wissenschaftlichen Richtungen umschließt. In den einzelnen Disziplinen, deren Entwickelung eine Geschichte der physischen Wissenschaften darstellt, in der Chemie und der beschreibenden Botanik, ist es möglich, bis in die neueste Zeit Perioden zu isolieren, in denen die Fortschritte am größten waren oder plötzlich neue Ansichten herrschend wurden; aber in der Geschichte der Weltanschauung, welche ihrem Wesen nach der Geschichte der einzelnen Disziplinen nur das entlehnen soll, was am unmittelbarsten sich auf die Erweiterung des Begriffes vom Kosmos als einem Naturganzen bezieht, wird das Anknüpfen an bestimmte Epochen schon darum gefahrvoll und unthunlich, weil das, was wir eben einen intellectuellen Entwickelungsprozeß nannten, ein ununterbrochenes gleichzeitiges Fortschreiten in allen Sphären des kosmischen Wissens voraussetzt. An dem wichtigen Scheidepunkte angelangt, wo nach dem Untergange der römischen Weltherrschaft ein neues, fremdartiges Element der Bildung sich offenbart, wo unser Kontinent dasselbe zum

erstenmal unmittelbar aus einem Tropenlande empfängt, schien es mir nützlich, einen allgemeinen übersichtlichen Blick auf den Weg zu werfen, welcher noch zu durchlaufen übrig ist.

Die Araber, ein semitischer Urstamm, verscheuchen teilweise die Barbarei, welche das von Völkerstürmen erschütterte Europa bereits seit zwei Jahrhunderten bedeckt hat. Sie führen zurück zu den ewigen Quellen griechischer Philosophie; sie tragen nicht bloß dazu bei, die wissenschaftliche Kultur zu erhalten, sie erweitern sie und eröffnen der Naturforschung neue Wege. In unserem Kontinent begann die Erschütterung erst, als unter Valentinian I. die Hunnen (finnischen, nicht mongolischen Ursprunges[96]) in dem letzten Viertel des 4. Jahrhunderts über den Don vordrangen und die Alanen, später mit diesen die Ostgoten bedrängten. Fern im östlichen Asien war der Strom wandernder Völker in Bewegung gesetzt mehrere Jahrhunderte früher, als unsere Zeitrechnung beginnt. Den ersten Anstoß zur Bewegung gab, wie wir schon früher erinnert, der Anfall der Hiungnu (eines türkischen Stammes) auf das blonde und blauäugige, vielleicht indogermanische Volk der Usün, die, an die Yueti (Geten?) grenzend, im oberen Flußthal des Hoangho im nordwestlichen China wohnten. Der verheerende Völkerstrom, fortgepflanzt von der gegen die Hiungnu (214 vor Chr.) errichteten großen Mauer bis in das westliche Europa, bewegte sich durch Mittelasien, nördlich von der Kette des Himmelsgebirges. Kein Religionseifer beseelte diese asiatischen Horden, ehe sie Europa berührten, ja man hat bestimmt erwiesen, daß die Mongolen noch nicht Buddhisten[97] waren, als sie siegreich bis nach Polen und Schlesien vordrangen. Ganz andere Verhältnisse gaben dem kriegerischen Ausbruch eines südlichen Volkes, der Araber, einen eigentümlichen Charakter.

In dem wenig gegliederten Kontinent von Asien dehnt sich, ausgezeichnet durch seine Form, als ein merkwürdig abgesondertes Glied, die Arabische Halbinsel zwischen dem Roten Meere und dem Persischen Meerbusen, zwischen dem Euphrat und dem Syrisch-Mittelländischen Meere hin. Es ist die westlichste der drei Halbinseln von Südasien, und ihre Nähe zu Aegypten und einem europäischen Meeresbecken bietet ihr große Vorteile sowohl der politischen Weltstellung als des Handels dar. In dem mittleren Teile der Arabischen Halbinsel lebte das Volk des Hedschaz, ein edler, kräftiger Menschenstamm, unwissend, aber nicht roh, phantasiereich und doch der sorgfältigen Beob-

achtung aller Vorgänge in der freien Natur (an dem ewig heiteren Himmelsgewölbe und auf der Erdfläche) ergeben. Nachdem dies Volk, jahrtausendelang fast ohne Berührung mit der übrigen Welt, größtenteils nomadisch umhergezogen, brach es plötzlich aus, bildete sich durch geistigen Kontakt mit den Bewohnern alter Kultursitze, bekehrte und herrschte von den Herkulessäulen bis zum Indus, bis zu dem Punkte, wo die Bolorkette den Hindu-Khu durchschneidet. Schon seit der Mitte des 9. Jahrhunders unterhielt es Handelsverkehr gleichzeitig mit den Nordländern Europas und Madagaskar, mit Ostafrika, Indien und China; es verbreitete Sprache, Münze und indische Zahlen, gründete einen mächtigen, langdauernden, durch religiösen Glauben zusammengehaltenen Länderverband. Oft bei diesen Zügen wurden große Provinzen nur vorübergehend durchstreift. Der schwärmende Haufe, von den Eingeborenen bedroht, lagerte sich (so sagt die einheimische Naturdichtung) „wie Wolkengruppen, die bald der Wind zerstreut". Eine lebensreichere Erscheinung hat keine andere Völkerwanderung dargeboten, und die dem Islam scheinbar innwohnende geistbedrückende Kraft hat sich im ganzen minder thätig und hemmend unter der arabischen Herrschaft als bei den türkischen Stämmen gezeigt. Religiöse Verfolgung war hier wie überall (auch unter christlichen Völkern) mehr Wirkung eines schrankenlosen dogmatisierenden Despotismus[98] als Wirkung der ursprünglichen Glaubenslehre, der religiösen Anschauung der Nation. Die Strenge des Korans ist vorzugsweise gegen Abgötterei und den Götzendienst aramäischer Stämme gerichtet.

Da das Leben der Völker außer den inneren geistigen Anlagen durch viele äußere Bedingnisse des Bodens, des Klimas und der Meeresnähe bestimmt wird, so muß hier zuvörderst an die ungleichartige Gestaltung der Arabischen Halbinsel erinnert werden. Wenn auch der erste Impuls zu den großen Veränderungen, welche die Araber in drei Kontinenten hervorgebracht haben, von dem ismaelitischen Hedschaz ausging und seine hauptsächlichste Kraft einem einsamen Hirtenstamme verdankte, so ist doch der übrige Teil der Halbinsel an seinen Küsten seit Tausenden von Jahren nicht von dem übrigen Weltverkehr abgeschnitten geblieben. Um den Zusammenhang und die Möglichkeit großer und seltsamer Ereignisse einzusehen, muß man zu den Ursachen aufsteigen, welche dieselben allmählich vorbereitet haben.

Gegen Südwesten, am Erythräischen Meere, liegt das

schöne Land der Joktaniden,[99] Yemen, fruchtbar und acker-bauend, der alte Kulturſitz von Saba. Es erzeugt Weihrauch (lebonah der Hebräer, vielleicht Boswellia thurifera. Colebr.[100]), Myrrhe (eine Ammyrisart, von Ehrenberg zuerſt genau beſchrie-ben) und den ſogenannten Mekkabalſam (Balsamodendron gileadense. Kunth), Gegenſtände eines wichtigen Handels der Nachbarvölker, verführt zu den Aegyptern, Perſern und Juden wie zu den Griechen und Römern. Auf dieſe Erzeugniſſe gründet ſich die geographiſche Benennung des „glücklichen Arabiens“, welche wir zuerſt bei Diodor und Strabo finden. Im Südoſten der Halbinſel, am Perſiſchen Meerbuſen, lag Gerrha, den phöniziſchen Niederlaſſungen von Aradus und Tylus gegenüber, ein wichtiger Stapelplatz des Verkehrs mit indiſchen Waren. Wenngleich faſt das ganze Innere des ara-biſchen Landes eine baumloſe Sandwüſte zu nennen iſt, ſo findet ſich doch in Oman (zwiſchen Jailan und Batna) eine ganze Reihe wohl kultivierter, durch unterirdiſche Kanäle be-wäſſerter Oaſen; ja der Thätigkeit des verdienſtvollen Reiſen-den Wellſtedt verdanken wir die Kenntnis dreier Gebirgsketten, deren höchſter, waldbedeckter Gipfel, Dſchebel Akhdar, ſich bis 6000 Fuß (1950 m) Höhe über dem Meeresſpiegel bei Maskat erhebt. Auch in dem Berglande von Yemen öſtlich von Loheia und in der Küſtenkette von Hedſchaz, in Aſyr, wie öſtlich von Mekka bei Tayef, befinden ſich Hochebenen, deren perpetuierlich niedrige Temperatur ſchon dem Geographen Edriſi bekannt war.

Dieſelbe Mannigfaltigkeit der Gebirgslandſchaft charak-teriſiert die Halbinſel Sinai, das Kupferland der Aegypter des alten Reiches (vor der Hykſoszeit), und die Felsthäler von Petra. Der phöniziſchen Handelsniederlaſſungen an dem nördlichſten Teile des Roten Meeres und der Hiram Salomo-niſchen Ophirfahrt, die von Ezion-Geber ausging, habe ich bereits an einem anderen Orte erwähnt. Arabien und die von indiſchen Anſiedlern bewohnte nahe Inſel Sokotora (die Inſel des Dioskorides) waren Mittelglieder des Welthandels nach Indien und der Oſtküſte von Afrika. Die Produkte dieſer Länder wurden gemeinhin mit denen von Hadhramaut und Yemen verwechſelt. „Aus Saba werden ſie kommen“ (die Dromedare von Midian), ſingt der Prophet Jeſaias, „wer-den Gold und Weihrauch bringen.“ Petra war der Stapel-platz koſtbarer Waren, für Tyrus und Sidon beſtimmt, ein Hauptſitz des einſt ſo mächtigen Handelsvolkes der Nabatäer,

denen der Sprachgelehrte Quatremère als ursprünglichen Wohnsitz die Gerrhäergebirge am unteren Euphrat anweist. Dieser nördliche Teil von Arabien ist vorzugsweise durch die Nähe von Aegypten, durch die Verbreitung arabischer Stämme in dem syrisch-palästinischen Grenzgebirge und den Euphratländern, wie durch die berühmte Karawanenstraße von Damaskus über Emesa und Tadmor (Palmyra) nach Babylon in belebendem Kontakt mit anderen Kulturstaaten gewesen. Mohammed selbst, entsprossen aus einem vornehmen, aber verarmten Geschlecht des Koreischitenstammes, hatte, ehe er als inspirierter Prophet und Reformator auftrat, in Handelsgeschäften die Warenmesse von Basra an der syrischen Grenze, die in Hadhramaut dem Weihrauchlande, und am meisten die zwanzigtägige von Okadh bei Mekka besucht, wo Dichter, meist Beduinen, sich alljährlich zu lyrischen Kampfspielen versammelten. Wir berühren diese Einzelheiten des Verkehrs und seiner Veranlassung, um ein lebendigeres Bild von dem zu geben, was vorbereitend auf eine Weltveränderung wirkte.

Die Verbreitung der arabischen Bevölkerung gegen Norden erinnert zunächst an zwei Begebenheiten, deren nähere Verhältnisse freilich noch in Dunkel gehüllt sind, welche aber doch dafür zeugen, daß schon Jahrtausende vor Mohammed die Bewohner der Halbinsel sich durch Ausfälle nach Westen und Osten, gegen Aegypten und den Euphrat hin, in die großen Welthändel gemischt hatten. Die semitische und aramäische Abstammung der Hyksos, welche unter der zwölften Dynastie, 2200 Jahre vor unserer Zeitrechnung, dem alten Reiche ein Ende machten, wird jetzt fast allgemein von Geschichtsforschern angenommen. Auch Manetho sagt: „Einige behaupten, daß diese Hirten Araber waren.“ In anderen Quellen werden sie Phönizier genannt, ein Name, der im Altertume auf die Bewohner des Jordanthales und auf alle arabischen Stämme ausgedehnt wird. Der scharfsinnige Ewald gedenkt besonders der Amaleliter (Amalekäer), welche ursprünglich in Yemen wohnten, dann über Mekka und Medina sich nach Kanaan verbreiteten, und in arabischen Urkunden als zu Josephs Zeit über Aegypten herrschend genannt werden.[101] Auffallend ist es immer, wie die nomadischen Stämme der Hytsos das mächtige, wohleingerichtete alte Reich der Aegypter haben überwältigen können. Freier gesinnte Menschen traten glücklich gegen die an lange Knechtschaft gewöhnten auf, und doch waren die siegreichen arabischen Einwanderer damals nicht, wie in neuerer

Zeit, durch religiöse Begeisterung aufgeregt. Aus Furcht vor den Assyrern (Stämmen von Arpachschad) gründeten die Hyksos den Waffenplatz und die Feste Avaris am östlichen Nilarme. Vielleicht deutet dieser Umstand auf nachdringende Kriegsscharen, auf eine große gegen Westen gerichtete Völkerwanderung. Eine zweite, wohl um tausend Jahre spätere Begebenheit ist die, welche Diodor dem Ktesias nacherzählt. Ariäus, ein mächtiger Himyaritenfürst, wird Bundesgenosse des Ninus am Tigris, schlägt mit ihm die Babylonier und kehrt mit reicher Beute beladen in seine Heimat, das südliche Arabien, zurück.

War im ganzen das freie Hirtenleben das herrschende im Hedschaz, war es das Leben einer großen und kräftigen Volkszahl, so wurden doch auch dort die Städte Medina und Mekka (letztere mit ihrem uralten rätselhaften Tempelheiligtum, der Kaaba) als ansehnliche, von fremden Nationen besuchte Orte bezeichnet. In Gegenden, welche den Küsten oder den Karawanenstraßen, die wie Flußthäler wirken, nahe lagen, herrschte wohl nirgends die völlige, rohe Wildheit, welche die Abgeschlossenheit erzeugt. Schon Gibbon, der die menschlichen Zustände immer so klar auffaßt, erinnert daran, wie in der Arabischen Halbinsel das Nomadenleben sich wesentlich von dem unterscheidet, welches Herodot und Hippokrates in dem sogenannten Skythenlande beschreiben, weil in diesem kein Teil des Hirtenvolkes sich je in Städten angesiedelt hat, während auf der großen Arabischen Halbinsel das Landvolk noch jetzt mit den Städtebewohnern verkehrt, die es von gleicher ursprünglicher Abkunft mit sich selbst hält. In der Kirgisensteppe, einem Teile der Ebenen, welche die alten Skythen (Skoloten und Saker) bewohnten, hat es auf einem Raume, der an Flächeninhalt Deutschland übertrifft, seit Jahrtausenden nie eine Stadt gegeben; und doch überstieg, zur Zeit meiner sibirischen Reise, die Zahl der Zelte (Jurten oder Kibitken) in den drei Wanderhorden noch 400000, was ein Nomadenvolk von zwei Millionen andeutet. Wie sehr solche Kontraste der größeren oder minderen Abgeschlossenheit des Hirtenlebens (selbst wenn man gleiche innere Anlagen voraussetzen will) auf die geistige Bildsamkeit wirken, bedarf hier keiner umständlicheren Entwickelung.

Bei dem edeln, von der Natur begünstigten Stamme der Araber machen gleichzeitig die inneren Anlagen zu geistiger Bildsamkeit, die von uns angedeuteten Verhältnisse der natür-

lichen Beschaffenheit des Landes und der alte Handelsverkehr der Küsten mit hochkultivierten Nachbarstaaten erklärlich, wie der Einbruch nach Syrien und Persien und später der Besitz von Aegypten so schnell Liebe zu den Wissenschaften und Hang zu eigener Forschung in den Siegern erwecken konnten. In den wundersamen Bestimmungen der Weltordnung lag es, daß die christliche Sekte der Nestorianer, welche einen sehr wichtigen Einfluß auf die räumliche Verbreitung der Kenntnisse ausgeübt hat, auch den Arabern, ehe diese nach dem vielgelehrten und streitsüchtigen Alexandrien kamen, nützlich wurde, ja daß der christliche Nestorianismus unter dem Schutze des bewaffneten Islam tief in das östliche Asien dringen konnte. Die Araber wurden nämlich mit der griechischen Litteratur erst durch die Syrer, einen ihnen verwandten semitischen Stamm, bekannt, während die Syrer selbst, kaum anderthalb Jahrhunderte früher, die Kenntnis der griechischen Litteratur erst durch die verketzerten Nestorianer empfangen hatten. Aerzte, die in den Lehranstalten der Griechen und auf der berühmten von den nestorianischen Christen zu Edessa in Mesopotamien gestifteten medizinischen Schule gebildet waren, lebten schon zu Mohammeds Zeiten, mit diesem und mit Abu Bekr befreundet, in Mekka.

Die Schule von Edessa, ein Vorbild der Benediktinerschulen von Monte Cassino und Salerno, erweckte die naturwissenschaftliche Untersuchung der Heilstoffe aus dem Mineral- und Pflanzenreiche. Als durch christlichen Fanatismus unter Zeno dem Isaurier sie aufgelöst wurde, zerstreuten sich die Nestorianer nach Persien, wo sie bald eine politische Wichtigkeit erlangten und ein neues, vielbesuchtes medizinisches Institut zu Dschondisapur in Khusistan stifteten. Es gelang ihnen, ihre Kenntnisse und ihren Glauben gegen die Mitte des 7. Jahrhunderts bis nach China unter der Dynastie der Thang zu verbreiten, 572 Jahre nachdem der Buddhismus dort aus Indien eingedrungen war.

Der Same abendländischer Kultur, in Persien durch gelehrte Mönche und durch die von Justinian verfolgten Philosophen der letzten platonischen Schule von Athen ausgestreut, hatte einen wohlthätigen Einfluß auf die Araber während ihrer ersten asiatischen Feldzüge ausgeübt. So schwach auch die Kenntnisse der nestorianischen Priester mögen gewesen sein, konnten sie doch, ihrer eigentümlich medizinisch-pharmazeutischen Richtung nach, anregend auf einen Menschenstamm wirken,

der lange im Genuß der freien Natur gelebt und einen frischeren Sinn für jede Art der Naturanschauung bewahrte als die griechischen und italienischen Städtebewohner. Was der Epoche der Araber die kosmische Wichtigkeit gibt, die wir hier hervorheben müssen, hängt großenteils mit dem eben bezeichneten Zuge ihres Nationalcharakters zusammen. Die Araber sind, wir wiederholen es, als die eigentlichen Gründer der physischen Wissenschaften zu betrachten, in der Bedeutung des Wortes, welche wir ihm jetzt zu geben gewohnt sind.

Allerdings ist in der Gedankenwelt, bei der inneren Verkettung alles Gedachten, ein absoluter Anfang schwer an einen bestimmten Zeitabschnitt zu knüpfen. Einzelne Lichtpunkte des Wissens, wie der Prozesse, durch die das Wissen erlangt werden kann, zeigen sich frühe zerstreut. Wie weit ist nicht Dioskorides, welcher Quecksilber aus dem Zinnober übertrieb, vom arabischen Chemiker Dscheber, wie weit ist Ptolemäus als Optiker von Alhazen getrennt! Aber die Gründung der physischen Disziplinen, der Naturwissenschaften selbst, hebt da erst an, wo auf neu geöffneten Wegen zugleich von vielen, wenn auch mit ungleichem Erfolge, fortgeschritten wird. Nach der bloßen Naturbeschauung, nach dem Beobachten der Erscheinungen, die sich in den irdischen und himmlischen Räumen zufällig dem Auge darbieten, kommt das Erforschen, das Aufsuchen des Vorhandenen, das Messen von Größe und Dauer der Bewegung. Die früheste Epoche einer solchen, doch aber meist auf das Organische beschränkten Naturforschung ist die des Aristoteles gewesen. Es bleibt eine dritte und höhere Stufe übrig in der fortschreitenden Kenntnis physischer Erscheinungen, die Ergründung der Naturkräfte; die des Werdens, bei dem diese Kräfte wirken, die der Stoffe selbst, die entfesselt werden, um neue Verbindungen einzugehen. Das Mittel, welches zu dieser Entfesselung führt, ist das willkürliche Hervorrufen von Erscheinungen, das Experimentieren.

Auf diese letzte, in dem Altertum fast ganz unbetretene Stufe haben sich vorzugsweise im großen die Araber erhoben. Sie gehörten einem Lande an, das ganz des Palmen- und zur größeren Hälfte des Tropenklimas genießt (der Wendekreis des Krebses durchschneidet die Halbinsel ungefähr von Maskat nach Mekka hin), also einer Weltgegend, in der bei erhöhter Lebenskraft der Organe das Pflanzenreich eine Fülle von Aromen, von balsamischen Säften, dem Menschen wohl-

thätigen oder gefahrdrohenden Stoffen liefert. Früh mußte daher die Aufmerksamkeit des Volkes auf die Erzeugnisse des heimischen Bodens und der durch Handel erreichbaren malabarischen, ceylonischen und ostafrikanischen Küsten gerichtet sein. In diesen Teilen der heißen Zone „individualisieren" sich die organischen Gestalten in den kleinsten Erdräumen. Jeder derselben bietet eigentümliche Erzeugnisse dar und vervielfältigt durch stete Anregung zum Beobachten den Verkehr des Menschen mit der Natur. Es kam darauf an, so kostbare, der Medizin, den Gewerben, dem Luxus der Tempel und Paläste wichtige Waren sorgfältig voneinander zu unterscheiden und ihrem, oft mit gewinnsüchtiger List verheimlichten Vaterlande nachzuspüren. Ausgehend von dem Stapelplatze Gerrha am Persischen Meerbusen und aus dem Weihrauchdistrikte von Yemen, durchstrichen zahlreiche Karawanenstraßen das ganze Innere der Arabischen Halbinsel bis Phönizien und Syrien, und die Namen jener kräftigen Naturprodukte, wie das Interesse für dieselben, wurden überall verbreitet.

Die Arzneimittellehre, gegründet von Dioskorides in der alexandrinischen Schule, ist ihrer wissenschaftlichen Ausbildung nach eine Schöpfung der Araber, denen jedoch eine reiche Quelle der Belehrung und die älteste von allen, die der indischen Aerzte, schon früher geöffnet war.[102] Die chemische Apothekerkunst ist von den Arabern geschaffen worden, und die ersten obrigkeitlichen Vorschriften über Bereitung der Arzneimittel, die jetzt sogenannten Dispensatorien, sind von ihnen ausgegangen. Sie wurden später von der salernitanischen Schule durch das südliche Europa verbreitet. Pharmazie und Materia medica, die ersten Bedürfnisse der praktischen Heilkunst, leiteten nach zwei Richtungen gleichzeitig zum Studium der Botanik und zu dem der Chemie. Aus den engen Kreisen der Nützlichkeit und einseitiger Anwendung gelangte die Pflanzenkunde allmählich in ein weiteres und freieres Feld; sie erforschte die Struktur des organischen Gewebes, die Verbindung der Struktur mit den Kräften, die Gesetze, nach welchen die Pflanzenformen familienweise auftreten und sich geographisch nach Verschiedenheit der Klimate und Höhen über den Erdboden verteilen.

Seit den asiatischen Eroberungen, für deren Erhaltung später Bagdad ein Centralpunkt der Macht und der Kultur wurde, bewegten sich die Araber in dem kurzen Zeitraum von 70 Jahren über Aegypten, Cyrene und Karthago durch das

ganze nördliche Afrika bis zu der fernsten Iberischen Halbinsel. Der geringe Bildungszustand des Volkes und seiner Heerführer konnte allerdings jeglichen Ausbruch wilder Roheit vermuten lassen, aber die Mythe von der Verbrennung der alexandrinischen Bibliothek durch Amru (das sechsmonatliche Heizen von 4000 Badstuben) beruht auf dem alleinigen Zeugnis von zwei Schriftstellern, welche 580 Jahre später lebten, als die Begebenheit sich soll zugetragen haben. Wie in friedlicheren Zeiten, doch ohne daß die geistige Kultur der ganzen Volksmasse einen freien Aufschwung hätte gewinnen können in der glanzvollen Epoche von Almansur, Harun Alraschid, Mamun und Motasem, die Höfe der Fürsten und die öffentlichen wissenschaftlichen Institute eine große Zahl der ausgezeichnetsten Männer vereinigen konnten, bedarf hier keiner besonderen Entwickelung. Es gilt nicht, in diesen Blättern eine Charakteristik der so ausgedehnten und in ihrer Mannigfaltigkeit so ungleichartigen arabischen Litteratur zu geben, oder zu unterscheiden, was in den verborgenen Tiefen der Organisation eines Menschenstammes und der Naturentfaltung seiner Anlagen, was in äußeren Anregungen und zufälligen Bedingnissen gegründet ist. Die Lösung dieser wichtigen Aufgabe gehört einer anderen Sphäre der Ideen an. Unsere historischen Betrachtungen sind auf eine fragmentarische Herzählung dessen beschränkt, was in mathematischen, astronomischen und naturwissenschaftlichen Kenntnissen das Volk der Araber zur allgemeineren Weltanschauung beigetragen hat.

Alchimie, Zauberkunst und mystische Phantasieen, durch scholastische Dialektik jeder dichterischen Anmut entblößt, verunreinigten freilich auch hier, wie überall im Mittelalter, die wahren Resultate der Erforschung; aber unablässig selbstarbeitend, mühevoll durch Uebersetzungen sich die Früchte früher gebildeter Generationen aneignend, haben die Araber die Naturansichten erweitert und vieles Eigene geschaffen. Man hat mit Recht auf den großen Unterschied der Kulturverhältnisse aufmerksam gemacht zwischen den einwandernden germanischen und den arabischen Stämmen. Jene bildeten sich erst nach der Einwanderung aus; diese brachten mit sich schon aus der Heimat nicht bloß ihre Religion, auch eine hochausgebildete Sprache und die zarten Blüten einer Poesie, welche nicht ganz ohne Einfluß auf die Provençalen und die Minnesänger geblieben ist.

Die Araber besaßen merkwürdige Eigenschaften, um aneignend und vermittelnd zu wirken vom Euphrat bis zum

Guadalquivir und bis zu dem Süden von Mittelafrika. Sie besaßen eine beispiellose weltgeschichtliche Beweglichkeit, eine Neigung, von dem abstoßenden israelitischen Kastengeiste entfernt, sich mit den besiegten Völkern zu verschmelzen und doch trotz des ewigen Bodenwechsels ihrem Nationalcharakter und den traditionellen Erinnerungen an die ursprüngliche Heimat nicht zu entsagen. Beispiele von größeren Landreisen einzelner Individuen, nicht immer des Handels wegen, sondern um Kenntnisse einzusammeln, hat kein anderer Volksstamm aufzuweisen; selbst die buddhistischen Priester aus Tibet und China, selbst Marco Polo und die christlichen Missionäre, welche zu den Mongolenfürsten gesandt wurden, haben sich nur in engeren Räumen bewegt. Durch die vielen Verbindungen der Araber mit Indien und China (schon am Ende des 7. Jahrhunderts[103] unter dem Kalifat der Ommajaden wurden die Eroberungen bis nach Kaschgar, Kabul und dem Pendschab ausgedehnt) gelangten wichtige Teile des asiatischen Wissens nach Europa. Die scharfsinnigen Forschungen von Reinaud haben gelehrt, wie viel aus arabischen Quellen für die Kenntnis von Indien zu schöpfen ist. Der Einfall der Mongolen in China störte zwar den Verkehr über den Oxus, aber die Mongolen selbst wurden bald ein vermittelndes Glied für die Araber, welche durch eigene Anschauung und mühevolles Forschen von den Küsten des Stillen Meeres bis zu denen Westafrikas, von den Pyrenäen bis zu des Scherifs Edrisi Sumpflande des Wangarah in Innerafrika die Erdkunde aufgeklärt haben. Die Geographie des Ptolemäus wurde nach Fähn schon auf Befehl des Kalifen Mamun zwischen 813 und 833 in das Arabische übersetzt; und es ist sogar nicht unwahrscheinlich, daß bei der Uebersetzung einige nicht auf uns gekommene Fragmente des Marinus Tyrius benutzt werden konnten.

Von der langen Reihe vorzüglicher Geographen, welche die arabische Litteratur uns liefert, ist es genug, die äußersten Glieder, El-Istachri[104] und Alhassan (Johannes Leo, den Afrikaner), zu nennen. Eine größere Bereicherung hat die Erdkunde nie auf einmal vor den Entdeckungen der Portugiesen und Spanier erhalten. Schon fünfzig Jahre nach dem Tode des Propheten waren die Araber bis an die äußerste westliche Küste von Afrika, bis an den Hafen Asfi, gelangt. Ob später, als die unter dem Namen der Almagrurin bekannten Abenteurer das Mare tenebrosum beschifften, die Inseln der Guanschen von arabischen Schiffen besucht worden sind, wie mir lange wahr-

scheinlich war, ist neuerdings wieder in Zweifel gezogen worden. Die große Masse arabischer Münzen, die man in den Ostseeländern und im hohen Norden von Skandinavien vergraben findet, ist nicht der eigenen Schiffahrt, sondern dem weit verbreiteten inneren Handelsverkehr der Araber zuzuschreiben.

Die Erdkunde blieb nicht auf die Darstellung räumlicher Verhältnisse, auf Breiten- und Längenbestimmungen,[105] wie sie Abul-Hassan vervielfältigt hat, auf Beschreibung von Flußgebieten und Bergketten beschränkt; sie leitete vielmehr das mit der Natur so befreundete Volk auf die organischen Erzeugnisse des Bodens, besonders auf die der Pflanzenwelt. Der Abscheu, welchen die Bekenner des Islam vor anatomischen Untersuchungen hatten, hinderte sie an allen Fortschritten in der Tiergeschichte. Sie begnügten sich für diese mit dem, was sie aus Uebersetzungen des Aristoteles[106] und Galenus sich aneignen konnten; doch ist die Tiergeschichte des Avicenna, welche die königliche Bibliothek zu Paris besitzt, von der des Aristoteles verschieden. Als Botaniker ist Ibn-Baithar aus Malaga zu nennen, den man wegen seiner Reisen in Griechenland, Persien, Indien und Aegypten auch als ein Beispiel von dem Streben ansehen kann, durch eigene Beobachtungen die Erzeugnisse verschiedener Zonen des Morgen- und Abendlandes miteinander zu vergleichen. Der Ausgangspunkt aller dieser Bestrebungen war aber immer die Arzneimittelkunde, durch welche die Araber die christlichen Schulen lange beherrschten und zu deren Ausbildung Ibn-Sina (Avicenna), aus Afschena bei Bochara gebürtig, Ibn-Roschd (Averroes) aus Cordova, der jüngere Serapion aus Syrien, und Mesue aus Maridin am Euphrat alles benutzten, was der arabische Karawanen- und Seehandel darbieten konnten. Ich nenne geflissentlich weit voneinander entfernte Geburtsörter berühmter arabischer Gelehrten, weil diese Geburtsörter recht lebhaft daran erinnern, wie das Naturwissen sich durch die eigentümliche Geistesrichtung des Stammes über einen großen Erdraum erstreckte, wie durch gleichzeitige Thätigkeit sich der Kreis der Ansichten erweitert hatte.

In diesen Kreis wurde auch das Wissen eines älteren Kulturvolkes, das der Inder, gezogen, da unter dem Kalifate von Harun Alraschid mehrere wichtige Werke, wahrscheinlich die unter den halb fabelhaften Namen des Tscharaka und Susruta[107] bekannten, aus dem Sanskrit in das Arabische übersetzt wurden. Avicenna, ein viel umfassender Geist, den

man oft mit Albert dem Großen verglichen, gibt in seiner Materia medica selbst einen recht auffallenden Beweis dieses Einflusses indischer Litteratur. Er kennt, wie der gelehrte Royle bemerkt, die Deodvarazeder[108] der schneebedeckten, gewiß im 11. Jahrhundert von keinem Araber besuchten Himalaya-Alpen unter ihrem wahren Sanskritnamen und hält sie für einen hohen Wacholderbaum, eine Juniperusart, welche zu Terpentinöl benutzt wird. Die Söhne von Averroes lebten am Hofe des großen Hohenstaufen, Friedrichs II., der einen Teil seiner naturhistorischen Kenntnis indischer Tiere und Pflanzen dem Verkehr mit arabischen Gelehrten und sprachkundigen spanischen Juden[109] verdankte. Der Kalif Abdurrahman I. legte selbst einen botanischen Garten bei Cordova an[110] und ließ durch eigene Reisende in Syrien und anderen asiatischen Ländern seltene Sämereien sammeln. Er pflanzte bei dem Palaste der Rißafah die erste Dattelpalme, die er in einem Gedichte voll schwermütiger Sehnsucht nach seiner Heimat Damaskus besang.

Der wichtigste Einfluß aber, den die Araber auf das allgemeine Naturwissen ausgeübt haben, ist der gewesen, welcher auf die Fortschritte der Chemie gerichtet war. Mit den Arabern fing gleichsam ein neues Feld für diese Wissenschaft an. Allerdings waren bei ihnen alchimistische und neuplatonische Phantaseen mit der Chemie ebenso verschwistert wie Astrologie mit der Sternkunde. Die Bedürfnisse der Pharmazie und die gleich dringenden der technischen Künste leiteten zu Entdeckungen, welche von den alchimistisch metallurgischen Bestrebungen bald absichtlich, bald durch glückliche Zufälle begünstigt wurden. Die Arbeiten von Geber oder vielmehr Djaber (Abu-Mußah Dschafar al-Sufi) und die viel späteren des Razes (Abu-Bekr Arrasi) sind von den wichtigsten Folgen gewesen. Die Bereitung von Schwefel- und Salpetersäure,[111] von Königswasser, Quecksilberpräparaten und anderen Metalloxyden, die Kenntnis des alkoholischen[112] Gärungsprozesses bezeichnen diese Epoche. Die erste wissenschaftliche Begründung und die Fortschritte der Chemie sind für die Geschichte der Weltanschauung um so wichtiger, als nun zuerst die Heterogeneität der Stoffe und die Natur von Kräften erkannt wurden, die sich nicht durch Bewegung sichtbar verkündigen und neben der pythagoreisch-platonischen „Vollkommenheit“ der Form auch der Mischung Geltung verschafften. Unterschiede der Form und Mischung sind aber die Elemente unseres ganzen Wissens

von der Materie; die Abstraktionen, unter denen wir glauben das allbewegte Weltganze zu erfassen, messend und zersetzend zugleich.

Was die arabischen Chemiker mögen aus ihrer Bekanntschaft mit der indischen Litteratur (den Schriften über das Rasayana,[113]) aus den uralten technischen Künsten der Aegypter, aus den neuen alchimistischen Vorschriften des Pseudo Democritus und des Sophisten Synesius, oder gar aus chinesischen Quellen durch Vermittelung der Mongolen geschöpft haben, ist für jetzt schwer zu entscheiden. Nach den neuesten, sehr sorgfältigen Untersuchungen eines berühmten Orientalisten, Herrn Reinaud, darf wenigstens die Erfindung des Schießpulvers und dessen Anwendung zur Fortschleuderung von hohlen Projektilen nicht den Arabern zugeschrieben werden. Hassan Al-Rammah, welcher zwischen 1285 und 1295 schrieb, kannte diese Anwendung nicht, während daß bereits im 12. Jahrhundert, also fast 200 Jahre vor Berthold Schwarz, im Rammelsberge am Harz eine Art Schießpulver zur Sprengung des Gesteins gebraucht wurde. Auch die Erfindung eines Luftthermometers wird nach einer Angabe des Sanctorius dem Avicenna zugeschrieben; aber diese Angabe ist sehr dunkel, und es verflossen noch sechs volle Jahrhunderte, bis Galilei, Cornelius Drebbel und die Academia del Cimento durch die Begründung einer genauen Wärmemessung ein großartiges Mittel verschafften, in eine Welt unbekannter Erscheinungen einzudringen, den kosmischen Zusammenhang von Wirkungen im Luftkreise, in den übereinander gelagerten Meeresschichten und in dem Inneren der Erde zu begreifen, Erscheinungen, deren Regelmäßigkeit und Periodizität Erstaunen erregt. Unter den Fortschritten, welche die Physik den Arabern verdankt, darf man nur Alhazens Arbeit über die Strahlenbrechung, vielleicht teilweise der Optik des Ptolemäus entlehnt, und die Kenntnis und erste Anwendung des Pendels als Zeitmessers[114] durch den großen Astronomen Ebn-Junis erwähnen.

Wenn auch die Reinheit und dabei so selten gestörte Durchsichtigkeit des arabischen Himmels das Volk bereits in dem Zustand der frühesten Unkultur in seiner Heimat auf die Bewegung der Gestirne besonders aufmerksam gemacht hatte (neben dem Sterndienst des Zupiter unter den Lachmiten finden wir, bei dem Stamm der Asediten, selbst die Heiligung eines sonnennahen, seltener sichtbaren Planeten, des Merkur), so ist die

so ausgezeichnete wissenschaftliche Thätigkeit der gebildeten Araber in allen Teilen der praktischen Astronomie doch wohl mehr chaldäischen und indischen Einflüssen zuzuschreiben. Zustände der Atmosphäre begünstigen nur, was durch geistige Anlagen und den Verkehr mit gebildeteren Nachbarvölkern bei hochbegabten Stämmen hervorgerufen wird. Wie viele regenlose Gegenden des tropischen Amerikas (Cumana, Coro, Payta) haben eine noch durchsichtigere Luft als Aegypten, Arabien und Bochara! Das tropische Klima, die ewige Heiterkeit des in Sternen und Nebelflecken prangenden Himmelsgewölbes wirken überall auf das Gemüt; doch folgenreich, d. h. zu Ideen führend, zur Arbeit des Menschengeistes in Entwickelung mathematischer Gedanken, regen sie nur da an, wo andere, vom Klima ganz unabhängige innere und äußere Antriebe einen Völkerstamm bewegen, wo z. B. die genaue Zeiteinteilung zur Befriedigung religiöser oder agronomischer Bedürfnisse eine Notwendigkeit des geselligen Zustandes wird. Bei rechnenden Handelsvölkern (Phöniziern), bei konstruierenden, baulustigen, feldmessenden Nationen (Chaldäern und Aegyptern) werden früh *empirische Regeln* der Arithmetik und der Geometrie aufgefunden; aber alles dies kann nur die Entstehung mathematischer und astronomischer *Wissenschaft* vorbereiten. Erst bei höherer Kultur wird gesetzliche Regelmäßigkeit der Veränderungen am Himmel in den irdischen Erscheinungen wie reflektiert erkannt, auch in letzteren, laut dem Ausspruch unseres großen Dichters, nach dem „ruhenden Pole" geforscht. Die Ueberzeugung von dem Gesetzmäßigen in der Planetenbewegung hat unter allen Klimaten am meisten dazu beigetragen, in dem wogenden Luftmeere, in den Oszillationen des Ozeans, in dem periodischen Gange der Magnetnadel, in der Verteilung des Organismus auf der Erdfläche Gesetz und Ordnung zu suchen.

Die Araber erhielten indische Planetentafeln[115] schon am Ende des 8. Jahrhunderts. Wir haben bereits oben erinnert, daß der *Susruta*, der uralte Inbegriff aller medizinischen Kenntnisse der Inder, von Gelehrten übersetzt wurde, welche zu dem Hofe des Kalifen Harun Alraschid gehörten, ein Beweis, wie sehr die Sanskritlitteratur früh Eingang gefunden hatte. Der arabische Mathematiker Albyruni ging selbst nach Indien, um dort Astronomie zu studieren. Seine Schriften, die erst neuerlichst zugänglich geworden sind, beweisen, wie genau er das Land, die Traditionen und das vielumfassende Wissen der Inder kannte.[116]

Aber die arabischen Astronomen, so viel sie den früher civilisierten Völkern, vorzüglich den indischen und alexandrinischen Schulen verdankten, haben doch auch, bei ihrem eigentümlichen praktischen Sinne, durch die große Zahl und die Richtung ihrer Beobachtungen, durch die Vervollkommnung der winkelmessenden Instrumente, durch das eifrigste Bestreben, die älteren Tafeln bei sorgfältiger Vergleichung mit dem Himmel zu verbessern, das Gebiet der Astronomie ansehnlich erweitert. In dem siebenten Buche von dem Almagest des Abul Wefa hat Sedillot die wichtige Störung der Länge des Mondes erkannt, welche in den Syzygien und Quadraturen verschwindet, ihren größten Wert in den Oktanten hat und bisher unter dem Namen der Variation lange für Tychos Entdeckung gehalten wurde.[117] Die Beobachtungen von Ebn-Junis in Kairo sind für die Störungen und sekularen Bahnänderungen der beiden größten Planeten, Jupiter und Saturn, besonders wichtig geworden. Eine Gradmessung, welche der Kalif Al Mamum in der großen Ebene von Sindschar zwischen Tadmor und Rakka durch Beobachter ausführen ließ, deren Namen uns Ebn-Junis erhalten hat, ist minder wichtig durch ihr Resultat als durch das Zeugnis geworden, das sie uns von der wissenschaftlichen Bildung des arabischen Menschenstammes gewährt.

Als der Abglanz einer solchen Bildung müssen betrachtet werden: im Westen, im christlichen Spanien, der astronomische Kongreß zu Toledo unter Alfons von Kastilien, auf dem der Rabbiner Isaak Ebn Sid Hazan die Hauptrolle spielte; im fernen Osten die von Ilschan Hulagu, dem Enkel des Weltstürmers Dschingischan, auf einem Berge bei Meragha mit vielen Instrumenten ausgerüstete Sternwarte, in welcher Nassir Eddin aus Tus in Chorasan seine Beobachtungen anstellte. Diese Einzelheiten verdienen in der Geschichte der Weltanschauung insofern Erwähnung, als sie lebhaft daran erinnern, wie die Erscheinung der Araber vermittelnd in weiten Räumen auf Verbreitung des Wissens und Anhäufung der numerischen Resultate gewirkt hat, Resultate, die in der großen Epoche von Kepler und Tycho wesentlich zur Begründung der theoretischen Sternkunde und einer richtigen Ansicht von den Bewegungen im Himmelsraume beigetragen haben. Das Licht, welches in dem von tatarischen Völkern bewohnten Asien angezündet war, verbreitete sich im 15. Jahrhundert weiter nach Westen bis Samarkand, wo der Timuride Ulugh Beig neben

der Sternwarte ein Gymnasium nach Art des alexandrinischen Museums stiftete und einen Sternenkatalog anfertigen ließ, der sich ganz auf neue und eigene Beobachtungen gründete.[118]

Nach dem Lobe, welches hier dem Naturwissen der Araber in beiden Sphären, der Erdräume und des Himmels, gezollt worden ist, haben wir auch an das zu erinnern, was sie, auf den einsamen Wegen der Gedankenentwickelung, dem Schatze des reinen mathematischen Wissens hinzufügten. Nach den neuesten Arbeiten, welche in England, Frankreich und Deutschland über die Geschichte der Mathematik unternommen worden sind, ist die Algebra der Araber „wie aus zwei lange nebeneinander unabhängig fließenden Strömen, einem indischen und einem griechischen, ursprünglich entstanden". Das Kompendium der Algebra, welches auf Befehl des Kalifen Al Mamum der arabische Mathematiker Mohammed Ben-Musa (der Chowarezmier) verfaßte, gründet sich, wie mein so früh dahingeschiedener gelehrter Freund Friedrich Rosen erwiesen hat,[119] nicht auf Diophantus, sondern auf indisches Wissen; ja schon unter Almansor am Ende des 8. Jahrhunderts waren indische Astronomen an den glänzenden Hof der Abbasiden berufen. Diophantus wurde nach Casiri und Colebrooke erst gegen das Ende des 10. Jahrhunderts von Abul-Wefa Buzjani ins Arabische übersetzt. Was bei den alten indischen Algebristen soll vermißt werden, die von Satz zu Satz fortschreitende Begründung des Erlangten, hatten die Araber der alexandrinischen Schule zu verdanken. Ein so schönes, von ihnen vermehrtes Erbteil ging im 12. Jahrhunderte durch Johannes Hispalensis und Gerhard von Cremona in die europäische Litteratur des Mittelalters über. „In den algebraischen Werken der Inder findet sich die allgemeine Lösung der unbestimmten Gleichungen des ersten Grades und eine weiter ausgebildete Behandlung derer des zweiten als in den auf uns gekommenen Schriften der Alexandriner; es unterliegt daher keinem Zweifel, daß, wären die Werke der Inder zwei Jahrhunderte früher und nicht erst in unseren Tagen den Europäern bekannt geworden, sie auf die Entwickelung der modernen Analysis fördernd hätten einwirken müssen."

Auf demselben Wege und durch dieselben Verhältnisse, welche den Arabern die Kenntnis der indischen Algebra zuführten, erhielten diese auch in Persien und am Euphrat die indischen Zahlzeichen im 9. Jahrhundert. Perser waren damals als Zollbediente am Indus angestellt, und der Gebrauch

der indischen Zahlen hatte sich allgemein in die Zollämter der Araber im nördlichen Afrika (den Küsten von Sizilien gegenüber) verpflanzt. Dennoch machen die wichtigen und überaus gründlichen historischen Untersuchungen, zu welchen ein ausgezeichneter Mathematiker, Herr Chasles, durch seine richtige Interpretation der sogenannten pythagorischen Tafel in der Geometrie des Boethius veranlaßt worden ist, es mehr als wahrscheinlich, daß die Christen im Abendlande selbst früher als die Araber mit den indischen Zahlen vertraut waren, und daß sie unter dem Namen des Systems des Abacus den Gebrauch der neun Ziffern nach ihrem Stellenwerte kannten.

Es ist hier nicht der Ort, diesen Gegenstand, welcher mich schon früher (1819 und 1829) in zwei, der Académie des Inscriptions zu Paris und der Akademie der Wissenschaften zu Berlin vorgelegten Abhandlungen beschäftigt hat,[120] näher zu erläutern; aber bei einem historischen Probleme, über das noch viel zu entdecken übrig ist, entsteht die Frage, ob auch der Stellenwert, der sinnreiche Kunstgriff der Position, welcher schon im tuskischen Acabus wie im Suanpan von Innerasien hervortritt, zweimal abgesondert, im Orient und Occident, erfunden worden, oder ob durch die Richtung des Welthandels unter den Lagiden das System des Stellenwertes von der indischen westlichen Halbinsel aus nach Alexandrien verpflanzt und in der Erneuerung der Träumereien der Pythagoreer für eine Erfindung des ersten Stifters des Bundes ausgegeben worden ist? An die bloße Möglichkeit uralter, uns völlig unbekannter Verbindungen vor der 60. Olympiade ist wohl nicht zu erinnern. Warum sollten in dem Gefühl ähnlicher Bedürfnisse dieselben Ideenverbindungen sich nicht bei hochbegabten Völkern verschiedenen Stammes abgesondert dargeboten haben?

Wie nun die Algebra der Araber durch das, was dies morgenländische Volk von Griechen und Indern aufgenommen und selbst geschaffen, trotz einer großen Dürftigkeit in der symbolischen Bezeichnung, wohlthätig auf die glänzende Periode der italienischen Mathematiker des Mittelalters gewirkt hat, so bleibt auch den Arabern das Verdienst, von Bagdad bis Cordova durch ihre Schriften und ihren ausgebreiteten Handelsverkehr den Gebrauch des indischen Zahlensystems beschleunigt zu haben. Beide Wirkungen, die gleichzeitige Verbreitung der Wissenschaft und der numerischen Zeichen mit Stellenwert, haben verschiedenartig, aber mächtig, die Fortschritte des mathe-

matischen Teiles des Naturwissens befördert; den Zugang zu entlegenen Regionen in der Astronomie, in der Optik, in der physischen Erdkunde, in der Wärmelehre, in der Theorie des Magnetismus erleichtert, welche ohne jene Hilfsmittel uneröffnet geblieben wären.

Man hat mehrmals in der Völkergeschichte die Frage aufgeworfen, welche Folge die Weltbegebenheiten würden gehabt haben, wenn Karthago Rom besiegt und das europäische Abendland beherrscht hätte? „Man kann mit gleichem Rechte fragen," sagt Wilhelm von Humboldt, „in welchem Zustande sich unsere heutige Kultur befinden würde, wenn die Araber, wie sie es eine lange Zeit hindurch waren, im alleinigen Besitz der Wissenschaft geblieben wären und sich über das Abendland dauernd verbreitet hätten? Ein weniger günstiger Erfolg scheint mir in beiden Fällen nicht zweifelhaft. Derselben Ursache, welche die römische Weltherrschaft hervorbrachte, dem römischen Geist und Charakter, nicht äußeren, mehr zufälligen Schicksalen, verdanken wir den Einfluß der Römer auf unsere bürgerlichen Einrichtungen, auf unsere Gesetze, Sprache und Kultur. Durch diesen wohlthätigen Einfluß und durch innere Stammverwandtschaft wurden wir für griechischen Geist und griechische Sprache empfänglich, da die Araber vorzugsweise nur an den wissenschaftlichen Resultaten griechischer Forschung (den naturbeschreibenden, physischen, astronomischen, rein mathematischen) hingen." Die Araber haben, bei sorgsamer Bewahrung der reinsten heimischen Mundart und des Scharfsinnes ihrer bildlichen Reden, dem Ausdruck der Gefühle und edeln Weisheitssprüchen allerdings die Anmut dichterischer Färbung zu geben gewußt, aber sie würden, nach dem zu urteilen, was sie unter den Abbassiden waren, auch auf der Grundlage desselben Altertums, mit dem wir sie vertraut finden, wohl nie vermocht haben, die Werke erhabener Dichtung und bildend-schaffenden Kunstsinnes ins Leben zu rufen, deren sich in harmonischer Verschmelzung die Blütezeit unserer europäischen Kultur zu rühmen hat.

VI.

Zeit der ozeanischen Entdeckungen. Eröffnung der westlichen Hemisphäre. — Begebenheiten und Erweiterung wissenschaftlicher Kenntnisse, welche die ozeanischen Entdeckungen vorbereitet haben. — Kolumbus, Sebastian Cabot und Gama. Amerika und das Stille Meer. — Cabrillo, Sebastian Vizcaino, Mendaña und Quiros. — Die reichste Fülle des Materials zur Begründung der physischen Erdbeschreibung wird den westlichen Völkern Europas dargeboten.

Das 15. Jahrhundert gehört zu den seltenen Zeitepochen, in denen alle Geistesbestrebungen einen bestimmten und gemeinsamen Charakter andeuten, die unabänderliche Bewegung nach einem vorgesteckten Ziele offenbaren. Die Einheit dieses Strebens, der Erfolg, welcher es gekrönt, die handelnde Thatkraft ganzer Völkermassen geben dem Zeitalter des Kolumbus, des Sebastian Cabot und Gama Größe und dauernden Glanz. In der Mitte von zwei verschiedenen Bildungsstufen der Menschheit, ist das 15. Jahrhundert gleichsam eine Uebergangsepoche, welche beiden, dem Mittelalter und dem Anfang der neueren Zeit, angehört. Es ist die Epoche der größten Entdeckungen im Raume, solcher, die fast alle Breitengrade und alle Höhen der Erdoberfläche umfassen. Wenn dieselbe für die Bewohner Europas die Werke der Schöpfung verdoppelt hat, so bot sie zugleich der Intelligenz neue und mächtige Anregungsmittel zur Vervollkommnung der Naturwissenschaften in ihren physischen und mathematischen Teilen dar.

Wie in Alexanders Heerzügen, aber mit noch überwältigenderer Macht, drängte sich jetzt die Welt der Objekte, in den Einzelformen des Wahrnehmbaren wie in dem Zusammenwirken lebendiger Kräfte, dem kombinierenden Geiste auf. Die zerstreuenden Bilder sinnlicher Anschauung wurden, trotz ihrer Fülle und Verschiedenartigkeit, allmählich zu einem konkreten

Ganzen verschmolzen, die irdische Natur in ihrer Allgemeinheit aufgefaßt, eine Frucht wirklicher Beobachtung; nicht nach bloßen Ahnungen, die in wechselnden Gestalten der Phantasie vorschweben. Auch das Himmelsgewölbe entfaltete dem noch immer unbewaffneten Auge neue Gebiete, nie gesehene Sternbilder, einzeln kreisende Nebelwolken. Zu keiner anderen Zeit (wir haben es bereits oben bemerkt) ist einem Teile des Menschengeschlechtes ein größerer Reichtum von Thatsachen, ein größeres Material zur Begründung der vergleichenden physischen Erdbeschreibung dargeboten worden. Niemals haben aber auch Entdeckungen im Raume, in der materiellen Welt, durch Erweiterung des Gesichtskreises, durch Vervielfältigung der Erzeugnisse und Tauschmittel, durch Kolonieen von einem Umfange, wie man sie nie gekannt, außerordentlichere Veränderungen in den Sitten, in den Zuständen langer Knechtschaft eines Teils der Menschheit und ihres späten Erwachens zu politischer Freiheit hervorgerufen.

Was in jedem einzelnen Zeitpunkte des Völkerlebens einen wichtigen Fortschritt der Intelligenz bezeichnet, hat seine tiefen Wurzeln in der Reihe vorhergehender Jahrhunderte. Es liegt nicht in der Bestimmung des menschlichen Geschlechtes, eine Verfinsterung zu erleiden, die gleichmäßig das ganze Geschlecht ergriffe. Ein erhaltendes Prinzip nährt den ewigen Lebensprozeß der fortschreitenden Vernunft. Die Epoche des Kolumbus erlangte nur deshalb so schnell die Erfüllung ihrer Bestimmungen, weil befruchtende Keime von einer Reihe hochbegabter Männer ausgestreuet worden waren, die wie ein Lichtstreifen durch das ganze Mittelalter, durch finstere Jahrhunderte hindurchgeht. Ein einziges derselben, das dreizehnte, zeigt uns Roger Baco, Nikolaus Scotus, Albert den Großen, Vincentius von Beauvais. Die erweckte Geistesthätigkeit trug bald ihre Früchte in Erweiterung der Erdkunde. Als Diego Ribero im Jahre 1525 von dem geographisch-astronomischen Kongreß zurückkam, welcher an der Puente de Cava nahe bei Yelves zur Schlichtung der Streitigkeiten über die Grenze zweier Weltreiche, der portugiesischen und spanischen Monarchie, gehalten wurde, waren schon die Umrisse des neuen Kontinentes von dem Feuerlande bis an die Küsten von Labrador verzeichnet. Auf der westlichen Seite, Asien gegenüber, waren die Fortschritte natürlich langsamer. Doch war Rodriguez Cabrillo 1543 schon nördlicher als Monterey vorgedrungen, und wenn auch dieser große und kühne See

fahrer seinen Tod in dem Kanal von Santa Barbara bei Neu-Kalifornien fand, so führte der Steuermann der Expedition, Bartholomäus Ferrelo, doch die Expedition bis 43° der Breite, wo Vancouvers Vorgebirge Oxford liegt. Die wetteifernde Thätigkeit der Spanier, Engländer und Portugiesen, auf einen und denselben Gegenstand gerichtet, war damals so groß, daß ein halbes Jahrhundert genügte, um die äußere Gestaltung der Ländermasse in der westlichen Halbkugel, d. h. die Hauptrichtung ihrer Küsten, zu bestimmen.

Wenn die Bekanntschaft der Völker Europas mit dem westlichen Teile des Erdballes der Hauptgegenstand ist, welchem wir diesen Abschnitt widmen und um welchen sich als folgenreichste Begebenheit so viele Verhältnisse der richtigeren und großartigeren Weltansicht gruppieren, so muß die unbestreitbar erste Entdeckung von Amerika in seinen nördlichen Teilen durch die Normänner von der Wiederauffindung desselben Kontinentes in seinen tropischen Teilen streng geschieden werden. Als noch das Kalifat in Bagdad unter den Abbassiden blühete, wie in Persien die der Poesie so günstige Herrschaft der Samaniden, wurde Amerika um das Jahr 1400 von Leif, dem Sohne Erics des Roten vom Norden her bis zu 41½° nördlicher Breite entdeckt.[121] Der erste, aber zufällige Anstoß zu dieser Begebenheit kam aus Norwegen. Naddod war in der zweiten Hälfte des 9. Jahrhunderts, da er nach den schon früher von den Irländern besuchten Faröern hatte schiffen wollen, durch Sturm nach Island verschlagen. Die erste normännische Ansiedelung daselbst geschah (875) durch Ingolf. Grönland, die östliche Halbinsel einer Ländermasse, welche überall durch Meereswasser vom eigentlichen Amerika getrennt erscheint, wurde früh gesehen,[122] aber erst hundert Jahre nachher (983) von Island aus bevölkert. Die Kolonisierung von Island, welches Naddod zuerst Schneeland, Snjoland, genannt hatte, führte nun über Grönland in südwestlicher Richtung nach dem neuen Kontinent.

Die Faröer und Island muß man als Zwischenstationen, als Anfangspunkte zu Unternehmungen nach dem amerikanischen Skandinavien betrachten. Auf ähnliche Weise hatte die Niederlassung zu Karthago den Tyriern zur Erreichung der Meerenge von Gadeira und des Hafens Tartessus gedient; ebenso führte Tartessus dies unternehmende Volk von Station zu Station nach Cerne, dem Gauleon (der Schiffsinsel) der Karthager.

Trotz der Nähe der gegenüberliegenden Küste von Labrador (Helluland it mikla) vergingen doch 125 Jahre von der ersten Ansiedelung der Normänner auf Island bis zu Leifs großer Entdeckung von Amerika. So gering waren die Mittel, welche zur Förderung der Schiffahrt in diesen abgelegenen öden Erdwinkel von einem edeln, kräftigen, aber armen Menschenstamme angewandt werden konnten. Die Küstenstrecke Winland, so wegen der von einem Deutschen, Tyrker, dort aufgefundenen wilden Weintrauben genannt, reizte durch Fruchtbarkeit des Bodens und Milde des Klimas im Vergleich mit Island und Grönland. Durch Leif mit dem Namen des guten Winlands (Vinland it goda) bezeichnet, begriff es das Litorale zwischen Boston und New York, also Teile der jetzigen Staaten Massachusetts, Rhode Island und Connecticut, zwischen den Breitenparallelen von Civitá vecchia und Terracina, denen aber hier doch nur die mittleren [123] Jahrestemperaturen von 8°,8 und 11°,2 entsprechen. Das war die Hauptansiedelung der Normänner. Die Kolonisten hatten oft mit dem recht kriegerischen Stamme der Eskimo, welcher damals unter dem Namen der Skrälinger viel südlicher verbreitet war, zu kämpfen. Der erste grönländische Bischof, Erik Upsi, ein Isländer, unternahm 1121 eine christliche Missionsfahrt nach Winland; und der Name des kolonisierten Landes ist sogar in alten Nationalgesängen bei den Eingeborenen der Faröer aufgefunden worden.

Von der Thätigkeit und dem kühnen Unternehmungsgeiste der isländischen und grönländischen Abenteurer zeugt der Umstand, daß, nachdem sie sich im Süden bis unter 41½° Breite angesiedelt, sie an der Ostküste der Baffinsbai unter der Breite von 72° 55′ auf einer der Weiberinseln,[124] nordwestlich von der jetzt nördlichsten dänischen Kolonie Upernavik, drei Grenzsäulen aufrichteten. Der Runenstein, welchen man im Herbst des Jahres 1824 aufgefunden, enthält nach Rask und Finn Magnusen die Jahrzahl 1135. Von dieser östlichen Küste der Baffinsbai aus besuchten die Ansiedler des Fischfanges wegen sehr regelmäßig den Lancastersund und einen Teil der Barrowstraße, und zwar mehr denn sechs Jahrhunderte vor den kühnen Unternehmungen von Parry und Roß. Die Lokalität des Fischfanges ist sehr bestimmt beschrieben, und grönländische Priester aus dem Bistum Gardar leiteten (1266) die erste Entdeckungsfahrt. Man nannte diese nordwestliche Sommerstation die Kroksfjardarheide. Es geschieht

schon Erwähnung des angeschwemmten (gewiß sibirischen) Treibholzes, welches man dort sammelte, der vielen Wal fische, Phoken, Walrosse und Seebären.[125]

Ueber den Verkehr des hohen europäischen Nordens, wie über den der Grönländer und Isländer mit dem eigentlichen amerikanischen Kontinent reichen sichere Nachrichten nur bis in die Mitte des 14. Jahrhunderts. Noch im Jahre 1347 wurde von Grönland aus ein Schiff nach Markland (Neu Schottland) gesandt, um Bauholz und andere Bedürfnisse einzusammeln. Auf der Rückreise von Markland wurde das Schiff vom Sturme verschlagen und mußte in Straumfjörd im Westen von Island landen. Dies ist die letzte Nachricht von dem normännischen Amerika, welche uns altskandinavische Quellenschriften aufbewahrt haben.[126]

Wir sind bisher sorgfältig auf historischem Boden geblieben. Durch die kritischen, nicht genug zu lobenden Bemühungen von Christian Rafn und der königlichen Gesellschaft für nordische Altertumskunde in Kopenhagen sind die Sagas und Urkunden über die Fahrten der Normänner nach Helluland (Neufundland), nach Markland (der Mündung des St. Lorenzflusses mit Nova Scotia) und nach Winland (Massachusetts) einzeln abgedruckt und befriedigend kommentiert worden.[127] Die Länge der Fahrt, die Richtung in der man gesegelt, die Zeit des Aufganges und Unterganges der Sonne sind genau angegeben.

Geringere Gewißheit gewähren noch die Spuren, die man von einer früheren irischen Entdeckung von Amerika, vor dem Jahre 1000, glaubt gefunden zu haben. Die Skrälinger erzählten den in Winland angesiedelten Normännern: weiter in Süden jenseits der Chesapeakbai wohnten „weiße Menschen, die in langen weißen Kleidern einhergingen, Stangen, an welche Tücher geheftet seien, vor sich hertrügen und mit lauter Stimme riefen". Diese Erzählung wurde von den christlichen Normännern auf Prozessionen gedeutet, in denen man Fahnen trug und sang. In den ältesten Sagas, in den geschichtlichen Erzählungen von Thorfinn Karlsefne und dem isländischen Landnama-Buche sind diese südlichen Küsten zwischen Virginien und Florida durch den Namen des Weißmännerlandes bezeichnet. Sie werden darin bestimmt Groß-Irland (Irland it mikla) genannt, und es wird behauptet, sie seien von den Iren bevölkert worden. Nach Zeugnissen, die bis 1064 hinaufreichen, wurde, ehe noch Leif

Winland entdeckte, wahrscheinlich schon um das Jahr 982, Ari Marsson, aus dem mächtigen isländischen Geschlechte Ulfs des Schielers, auf einer Fahrt von Island gegen Süden durch Sturm an die Küste des Weißmännerlandes verschlagen, in demselben als Christ getauft und, da man ihm nicht erlaubte, sich zu entfernen, dort von Männern aus den Orkneyinseln und Island erkannt.

Die Meinung einiger nordischen Altertumsforscher ist nun, daß, da in den ältesten isländischen Dokumenten die ersten Bewohner der Insel „über das Meer gekommene Westmänner" genannt werden (Ankömmlinge, die sich in Papyli an der Südostküste und auf dem nahe gelegenen, kleinen Papareilande niedergelassen), Island zuerst nicht unmittelbar von Europa, sondern von Virginien und Karolina her, d. i. aus Groß-Irland (dem amerikanischen Weißmännerlande), von nach Amerika früh verpflanzten Iren bevölkert worden sei. Die wichtige Schrift des irländischen Mönches Dicuil, De Mensura Orbis Terrae, welche um das Jahr 825 verfaßt wurde, also 38 Jahre früher als die Normänner durch Naddod Kenntnis von Island erhielten, bestätigt aber diese Meinung.

Im Norden von Europa haben christliche Anachoreten, im Inneren Asiens fromme Buddhistenmönche unzugängliche Gegenden zu erforschen und der Civilisation zu eröffnen gewußt. Das emsige Bestreben, religiöse Dogmen zu verbreiten, hat bald kriegerischen Unternehmungen, bald friedlichen Ideen und Handelsverbindungen den Weg gebahnt. Der den Religionssystemen von Indien, Palästina und Arabien so eigentümliche, dem Indifferentismus der polytheistischen Griechen und Römer durchaus fremde Eifer hat die Fortschritte der Erdkunde in der ersten Hälfte des Mittelalters belebt. Letronne, der Kommentator des Dicuil, hat auf eine scharfsinnige Weise dargethan, daß, seitdem die irländischen Missionäre von den Normännern aus den Faröerinseln verdrängt waren, sie um das Jahr 975 Island zu besuchen anfingen. Die Normänner, als sie Island betraten, fanden daselbst irländische Bücher, Meßglocken und andere Gegenstände, welche frühere Ankömmlinge, die Papar genannt werden, dort zurückgelassen hatten. Diese Papae (Väter) aber sind die Clerici des Dicuil. Gehörten nun, wie man nach seinem Zeugnis vermuten muß, jene Gegenstände irländischen Mönchen, die aus den Faröerinseln kamen, so fragt sich, warum die Mönche (Papar) nach

einheimischen Sagen Westmänner, Vestmenn, „von Westen über das Meer gekommene (kommir til vestán um haf)" genannt wurden? Ueber die Schiffahrt des gälischen Häuptlings Madoc, Sohnes des Owen Guineth, nach einem großen westlichen Lande im Jahre 1170 und den Zusammenhang dieser Begebenheit mit dem Groß-Irland der isländischen Sagas ist bis jetzt alles in tiefes Dunkel gehüllt. Auch verschwindet nach und nach die Rasse der Keltoamerikaner, welche leichtgläubige Reisende in mehreren Teilen der Vereinigten Staaten wollten gefunden haben; sie verschwindet, seitdem eine ernste, auf grammatische Formen und organischen Bau, nicht auf zufällige Lautähnlichkeiten gegründete Sprachvergleichung eingeführt ist.[128]

Daß diese erste Entdeckung von Amerika in oder vor dem 11. Jahrhundert nichts Großes und Bleibendes zu Erweiterung der physischen Weltanschauung schaffen konnte, wie es das Wiederauffinden desselben Kontinents durch Kolumbus am Ende des 15. Jahrhunderts hervorbrachte, ergibt sich aus dem Zustande der Unkultur des Volksstammes, welcher die erste Entdeckung machte, und aus der Natur der Gegenden, auf welche dieselbe beschränkt blieb. Durch keine wissenschaftliche Kenntnis waren die Skandinavier vorbereitet, um, über die Befriedigung des nächsten Bedürfnisses hinaus, die Länder, in denen sie sich angesiedelt, zu durchforschen. Als das eigentliche Mutterland jener neuen Kolonieen waren Grönland und Island zu betrachten, Regionen, in denen der Mensch alle Beschwerden eines unwirtbaren Klimas zu bekämpfen hatte. Der wunderbar organisierte isländische Freistaat erhielt allerdings seine Selbständigkeit vierthalbhundert Jahre lang, bis die bürgerliche Freiheit unterging und das Land sich dem norwegischen König Hakon VI. unterwarf. Die Blüte der isländischen Litteratur, die Geschichtschreibung, die Aufsammlung der Sagas und der Eddalieder, bezeichnen das 12. und 13. Jahrhundert.

Es ist eine merkwürdige Erscheinung in der Kulturgeschichte der Völker, den Nationalschatz der ältesten Ueberlieferungen des europäischen Nordens, durch Unruhen in der Heimat gefährdet und nach Island übertragen, dort sorgsam gepflegt und für die Nachwelt gerettet zu sehen. Diese Rettung, die entfernte Folge von Ingolfs erster Ansiedelung auf Island (875), ist eine wichtige Begebenheit in den Kreisen der Dichtung und schaffender Einbildungskraft in der formlosen

Nebelwelt skandinavischer Mythen und sinnbildlicher Kosmogonieen geworden. Nur das Naturwissen gewann keine Erweiterung. Reisende Isländer besuchten allerdings die Lehranstalten Deutschlands und Italiens, aber die Entdeckungen der Grönländer im Süden, der geringe Verkehr mit Winland, dessen Vegetation keinen merkwürdig eigentümlichen physiognomischen Charakter darbot, zogen Ansiedler und Seefahrer so wenig von ihrem ganz europäischen Interesse ab, daß sich unter den Kulturvölkern des südlichen Europas keine Nachricht von jenen neuangesiedelten Ländern verbreitete. Ja, in Island selbst scheint eine solche Nachricht nicht einmal zu den Ohren des großen genuesischen Seefahrers gelangt zu sein. Island und Grönland waren nämlich damals schon über zwei Jahrhunderte voneinander getrennt; da Grönland 1261 seine republikanische Verfassung verloren hatte und ihm, als Krongut Norwegens, aller Verkehr mit Fremden und auch mit Island förmlich untersagt wurde. Christoph Kolumbus erzählt in seiner so selten gewordenen Schrift „Ueber die fünf bewohnbaren Erdzonen", daß er im Monat Februar 1477 Island besuchte, „wo damals das Meer nicht mit Eis bedeckt war [129] und das von vielen Kaufleuten von Bristol besucht wurde". Hätte er dort von der alten Kolonisation eines gegenüberliegenden ausgedehnten zusammenhängenden Landstriches, von Helluland it miklá, Markland und dem „guten Winland" reden hören, hätte er diese Kenntnis eines nahen Kontinentes mit den Projekten in Verbindung gesetzt, welche ihn schon seit 1470 und 1473 beschäftigten, so würde in dem berühmten, erst 1517 beendigten Prozesse über das Verdienst der ersten Entdeckung um so mehr von der Reise nach Thyle (Island) die Rede gewesen sein, als der argwöhnische Fiskal selbst einer Seekarte (mappamundo) erwähnt, die Martin Alonso Pinzon in Rom gesehen hatte und auf der der neue Kontinent soll abgebildet gewesen sein. Wenn Kolumbus ein Land hätte aufsuchen wollen, von dem er in Island Kenntnis erhalten, so würde er gewiß nicht auf seiner ersten Entdeckungsreise von den Kanarischen Inseln aus in südwestlicher Richtung gesteuert haben. Zwischen Bergen und Grönland gab es aber noch Handelsverbindungen bis 1484, also bis sieben Jahre nach des Kolumbus Reise nach Island.

Ganz verschieden von der ersten Entdeckung des neuen Kontinents im 11. Jahrhundert ist durch ihre weltgeschichtlichen Folgen, durch ihren Einfluß auf die Erweiterung phy

fischer Weltanschauung die Wiederauffindung dieses Kontinents durch Christoph Kolumbus, die Entdeckung der Tropenländer von Amerika geworden. Wenn auch der Seefahrer, welcher am Ende des 15. Jahrhunderts das große Unternehmen leitete, keineswegs die Absicht hatte, einen neuen Weltteil zu entdecken, wenn es auch entschieden ist, daß Kolumbus und Amerigo Vespucci in der festen Ueberzeugung[140] gestorben sind, sie hätten bloß Teile des östlichen Asiens berührt, so hat die Expedition doch ganz den Charakter der Ausführung eines nach wissenschaftlichen Kombinationen entworfenen Planes gehabt. Es wurde sicher geschifft nach Westen, durch die Pforte, welche die Tyrier und Coläus von Samos geöffnet, durch das „unermeßliche Dunkelmeer" (mare tenebrosum) der arabischen Geographen. Man strebte nach einem Ziele, dessen Abstand man zu kennen glaubte. Die Schiffer wurden nicht zufällig verschlagen, wie Naddod und Gardar nach Island, wie Gunnbjörn, der Sohn von Ulf Kraka, nach Grönland. Auch wurde der Entdecker nicht durch Zwischenstationen geleitet. Der große Nürnberger Kosmograph Martin Behaim, welcher den Portugiesen Diego Cam auf seinen wichtigen Expeditionen nach der Westküste von Afrika begleitet hatte, lebte vier Jahre, von 1486 bis 1490, auf den Azoren, und nicht von diesen Inseln aus, welche zwischen den iberischen Küsten und der Küste Pennsylvaniens in $\frac{3}{5}$ Entfernung von der letzteren liegen, wurde Amerika entdeckt. Das Vorsätzliche der That ist dichterisch schön in den Stanzen des Tasso gefeiert. Er singt von dem, was Herkules nicht wagte:

Non osò di tentar l'alto Oceano:
Segnò le mete, e'n troppo brevi chiostri
L'ardir ristrinse dell' ingegno umano — —
Tempo verrà che fian d'Ercole i segni
Favola vile ai naviganti industri — —
Un uom della Liguria avrà ardimento
All' incognito corso esporsi in prima — —

Tasso XV st. 25, 30 und 31.

Und doch weiß von diesem „uom della Liguria" der große portugiesische Geschichtschreiber Johann Barros, dessen erste Dekade 1552 erschienen ist, nicht mehr zu sagen, als daß er ein eitler phantastischer Schwätzer gewesen sei (homem fallador, e glorioso em mostrar suas habilidades, e mais fantastico, e de imaginações com sua Ilha Cypango). So hat durch

alle Jahrhunderte, durch alle Abstufungen der errungenen Civilisation hindurch Nationalhaß den Glanz ruhmvoller Namen zu verdunkeln gestrebt.

Die Entdeckung der Tropenländer von Amerika durch Christoph Kolumbus, Alonso de Hojeda und Alvarez Cabral kann in der Geschichte der Weltanschauung nicht als eine isolierte Begebenheit betrachtet werden. Ihr Einfluß auf die Erweiterung des physischen Wissens und auf die Bereicherung der Ideenwelt im allgemeinen wird nur dann richtig aufgefaßt, wenn man einen flüchtigen Blick auf diejenigen Jahrhunderte wirft, welche das Zeitalter der großen nautischen Unternehmungen von dem der Blüte wissenschaftlicher Kultur unter den Arabern trennen. Was der Aera des Kolumbus ihren eigentümlichen Charakter gab, den eines ununterbrochenen und gelingenden Strebens nach Entdeckungen im Raume, nach erweiterter Erdkenntnis, wurde langsam und auf vielfachen Wegen vorbereitet. Es wurde es durch eine kleine Zahl kühner Männer, welche früher auftraten und gleichzeitig zu allgemeiner Freiheit des Selbstdenkens wie zum Erforschen einzelner Naturerscheinungen anregten; durch den Einfluß, welchen auf die tiefsten Quellen des geistigen Lebens ausübte die in Italien erneuerte Bekanntschaft mit den Werken der griechischen Litteratur und die Erfindung einer Kunst, die dem Gedanken Flügel und eine lange Dauer verlieh, durch die erweiterte Kenntnis des östlichen Asiens, welche Mönchsgesandtschaften an die Mongolenfürsten und reisende Kaufleute unter die weltverkehrenden Nationen des südwestlichen Europas verbreiteten, unter solche, denen ein kürzerer Weg nach den Gewürzländern ein Gegenstand der eifrigsten Wünsche war. Zu den hier genannten Anregungsmitteln gesellten sich noch, was die Befriedigung jener Wünsche gegen das Ende des 15. Jahrhunderts am meisten erleichterte, die Fortschritte der Schiffahrtskunde, die allmähliche Vervollkommnung der nautischen Instrumente, der magnetischen wie der astronomisch-messenden, endlich die Anwendung gewisser Methoden zur Ortsbestimmung des Schiffes und der allgemeinere Gebrauch der Sonnen- und Mondephemeriden des Regiomontanus.

Ohne, was diesen Blättern fremd bleiben muß, auf das Einzelne in der Geschichte der Wissenschaften einzugehen, nennen wir nur unter den Menschen, welche die Epoche von Kolumbus und Gama vorbereitet haben, drei große Namen: Albertus Magnus, Roger Baco und Vincenz von Beauvais. Sie sind

hier der Zeitfolge nach aufgeführt; denn der wichtigere, mehrumfassende, geistreichere ist Roger Baco, ein Franziskanermönch aus Ilchester, der sich zu Oxford und Paris für die Wissenschaften ausbildete. Alle drei sind ihrem Zeitalter vorangeeilt und haben mächtig auf dasselbe eingewirkt. In den langen, meist unfruchtbaren Kämpfen dialektischer Spekulationen und des logischen Dogmatismus einer Philosophie, die man mit dem unbestimmten, vieldeutigen Namen der scholastischen belegt hat, läßt sich der wohlthätige Einfluß, man könnte sagen die Nachwirkung der Araber nicht verkennen. Die Eigentümlichkeit ihres Nationalcharakters, die wir im vorigen Abschnitte geschildert, ihr Hang zum Verkehr mit der Natur hatte den neu übersetzten Schriften des Aristoteles eine Verbreitung verschafft, welche mit der Vorliebe und der Begründung der Erfahrungswissenschaften auf das innigste zusammenhing. Bis an das Ende des 12. und den Anfang des 13. Jahrhunderts herrschten mißverstandene Lehren der platonischen Philosophie in den Schulen. Schon die Kirchenväter glaubten in derselben die Vorbilder zu ihren eigenen religiösen Anschauungen zu finden. Viele der symbolisierenden physikalischen Phantasieen des Timäus wurden mit Begeisterung aufgenommen, und durch christliche Autorität lebten wieder verworrene Ideen über den Kosmos auf, deren Nichtigkeit die mathematische Schule der Alexandriner längst erwiesen hatte. So pflanzten sich von Augustinus an bis Alkuin, Johannes Scotus und Bernhard von Chartres tief in das Mittelalter hinab, unter wechselnden Formen, die Herrschaft des Platonismus oder richtiger zu sagen neuplatonische Anklänge fort.

Als nun, diese verdrängend, die aristotelische Philosophie den entschiedensten Einfluß auf die Bewegungen des Geistes gewann, war es in zwei Richtungen zugleich, in den Forschungen der spekulativen Philosophie und in der philosophischen Bearbeitung des empirischen Naturwissens. Die erste dieser Richtungen, wenn sie auch dem Gegenstande meiner Schrift entfernter zu liegen scheint, darf hier schon deshalb nicht unberührt bleiben, weil sie mitten in der Zeit dialektischer Scholastik einige edle, hochbegabte Männer zum freien Selbstdenken in den verschiedenartigsten Gebieten des Wissens antrieb. Eine großartige physische Weltanschauung bedarf nicht bloß der reichen Fülle der Beobachtungen, als Substrats der Verallgemeinerung der Ideen; sie bedarf auch

der vorbereitenden Kräftigung der Gemüter, um in den ewigen Kämpfen zwischen Wissen und Glauben nicht vor den drohenden Gestalten zurückzuschrecken, die bis in die neuere Zeit an den Eingängen zu gewissen Regionen der Erfahrungswissenschaft auftreten und diese Eingänge zu versperren trachten. Man darf nicht trennen, was in dem Entwickelungsgange der Menschheit gleichmäßig belebt hat, das Gefühl der Berechtigung zur intellektuellen Freiheit und das lange unbefriedigte Streben nach Entdeckungen in fernen Räumen. Jene freien Selbstdenker bildeten eine Reihe, welche im Mittelalter mit Duns Scotus, Wilhelm von Occam und Nikolaus von Cusa anhebt und durch Ramus, Campanella und Giordano Bruno bis zu Descartes leitet.

Die unübersteiglich scheinende „Kluft zwischen dem Denken und dem Sein, die Beziehungen zwischen der erkennenden Seele und dem erkannten Gegenstande" trennten die Dialektiker in jene zwei berühmten Schulen der Realisten und Nominalisten. Des fast vergessenen Kampfes dieser mittelalterlichen Schulen muß hier gedacht werden, weil er einen wesentlichen Einfluß auf die endliche Begründung der Erfahrungswissenschaften ausgeübt hat. Die Nominalisten, welche den allgemeinen Begriffen nur ein subjektives Dasein in dem menschlichen Vorstellungsvermögen zugestanden, wurden nach vielen Schwankungen zuletzt im 14. und 15. Jahrhundert die siegreiche Partei. Bei ihrer größeren Abneigung vor leeren Abstraktionen drangen sie zuerst auf die Notwendigkeit der Erfahrung, auf die Vermehrung der sinnlichen Grundlage der Erkenntnis. Eine solche Richtung wirkte wenigstens mittelbar auf die Bearbeitung des empirischen Naturwissens; aber auch schon da, wo sich nur noch realistische Ansichten geltend machten, hatte die Bekanntschaft mit der Litteratur der Araber Liebe zum Naturwissen, in glücklichem Kampfe mit der alles absorbierenden Theologie, verbreitet. So sehen wir in den verschiedenen Perioden des Mittelalters, dem man vielleicht eine zu große Charaktereinheit zuzuschreiben gewohnt ist, auf ganz verschiedenen Wegen, auf rein ideellen und empirischen, das große Werk der Entdeckungen im Erdraume und die Möglichkeit ihrer glücklichen Benutzung zur Erweiterung des kosmischen Ideenkreises sich allmählich vorbereiten.

Unter den gelehrten Arabern war das Naturwissen eng an Arzneikunde und Philosophie, im christlichen Mittelalter war es neben der Philosophie an die theologische Dogmatik

geknüpft. Die letztere, ihrer Natur nach zur Alleinherrschaft strebend, bedrängte die empirische Forschung in den Gebieten der Physik, der organischen Morphologie und der, meist mit Astrologie verschwisterten Sternkunde. Das von den Arabern und jüdischen Rabbinern überkommene Studium des allumfassenden Aristoteles hatte aber die Richtung nach einer philosophischen Verschmelzung aller Disziplinen hervorgerufen; daher galten Ibn-Sina (Avicenna) und Ibn Roschd (Averroes), Albertus Magnus und Roger Bacon für die Repräsentanten des ganzen menschlichen Wissens ihrer Zeit. Der Ruhm, welcher im Mittelalter ihre Namen umstrahlte, läßt sich diesem allgemein verbreiteten Glauben beimessen.

Albert der Große, aus dem Geschlechte der Grafen von Bollstädt, muß auch als Selbstbeobachter in dem Gebiete der zerlegenden Chemie genannt werden. Seine Hoffnungen waren freilich auf die Umwandlung der Metalle gerichtet; aber, um sie zu erfüllen, vervollkommnete er nicht bloß die praktischen Handgriffe in Behandlung der Erze, er vermehrte auch die Einsicht in die allgemeine Wirkungsart der chemischen Naturkräfte. Ueber den organischen Bau und die Pflanzenphysiologie enthalten seine Werke einzelne überaus scharfsinnige Bemerkungen. Er kannte den Schlaf der Pflanzen, das periodische sich Oeffnen und Schließen der Blumen, die Verminderung des Saftes durch Verdunstung aus der Oberhaut der Blätter, den Einfluß der Teilung der Gefäßbündel auf die Ausschnitte des Blattrandes. Er kommentierte alle physikalischen Schriften des Stagiriten, doch die Tiergeschichte nur nach der lateinischen Uebersetzung des Michael Scotus aus dem Arabischen.[141] Ein Werk Alberts des Großen, welches den Titel führt: Liber cosmographicus de natura locorum, ist eine Art physischer Geographie. Ich habe darin Betrachtungen aufgefunden über die gleichzeitige Abhängigkeit der Klimate von der Breite und der Höhe des Ortes, wie über die Wirkung des verschiedenen Einfallwinkels der Sonnenstrahlen auf die Erwärmung des Bodens, die mich sehr überrascht haben. Daß Albert von Dante gefeiert worden ist, verdankt er vielleicht nicht so sehr sich selbst als seinem geliebten Schüler, dem heiligen Thomas von Aquino, welchen er 1245 von Köln nach Paris und 1248 nach Deutschland zurückführte.

Questi, che m'è a destra più vicino,
Frate e maestro fummi; ed esso Alberto
E' di Cologna, ed io Thomas d'Aquino.

Il Paradiso X, 97—99.

In dem, was unmittelbar auf die Erweiterung der Naturwissenschaften gewirkt hat, auf ihre Begründung durch Mathematik und durch das Hervorrufen von Erscheinungen auf dem Wege des Experimentes, ist Alberts von Bollstädt Zeitgenosse Roger Bacon die wichtigste Erscheinung des Mittelalters gewesen. Beide Männer füllen fast das ganze 13. Jahrhundert aus; aber dem Roger Bacon gehört der Ruhm, daß der Einfluß, welchen er auf die Form und Behandlung des Naturstudiums ausgeübt hat, wohlthätiger und dauernd wirksamer gewesen ist als das, was man ihm von eigenen Erfindungen mit mehr oder minderem Rechte zugeschrieben hat. Zum Selbstdenken erweckend, rügte er streng den blinden Autoritätsglauben der Schule; doch, weit davon entfernt, sich nicht um das zu kümmern, was das griechische Altertum erforscht, pries er gleichzeitig gründliche Sprachkunde,[132] Anwendung der Mathematik und die Scientia experimentalis, der er einen eigenen Abschnitt des Opus majus gewidmet hat.[133] Von einem Papste (Klemens IV.) geschützt und begünstigt, von zwei anderen (Nikolaus III. und IV.) der Magie beschuldigt und eingekerkert, hatte er die wechselnden Schicksale der großen Geister aller Zeiten. Er kannte die Optik des Ptolemäus[134] und das Almagest. Da er den Hipparch immer, wie die Araber, Abraxis nennt, so darf man schließen, daß auch er sich nur einer aus dem Arabischen herstammenden lateinischen Uebersetzung bediente. Neben Bacons chemischen Versuchen über brennbare explodierende Mischungen sind seine theoretisch-optischen Arbeiten über die Perspektive und die Lage des Brennpunktes bei Hohlspiegeln am wichtigsten. Sein gedankenvolles „Großes Werk" enthält Vorschläge und Entwürfe zu möglicher Ausführung, nicht deutliche Spuren gelungener optischer Erfindungen. Tiefe des mathematischen Wissens ist ihm nicht zuzuschreiben. Was ihn charakterisiert, ist vielmehr eine gewisse Lebhaftigkeit der Phantasie, deren ungemessene Aufregung bei den Mönchen des Mittelalters in ihren naturphilosophischen Richtungen durch den Eindruck so vieler unerklärter großer Naturerscheinungen wie durch langes angstvolles Spähen nach Lösung geheimnisvoller Probleme krankhaft erhöht wurde.

Die durch das Kostspielige des Abschreibens vermehrte Schwierigkeit, vor Erfindung des Bücherdrucks eine große Zahl einzelner Handschriften zu sammeln, erzeugte im Mittelalter, als der Ideenkreis sich seit dem 13. Jahrhunderte wieder zu erweitern anfing, eine große Vorliebe für encyklopädische Werke. Diese verdienen hier eine besondere Beachtung, weil sie zur Verallgemeinerung der Ansichten führten. Es erschienen, meist aufeinander gegründet, die 20 Bücher de rerum natura von Thomas Cantipratensis, Professor in Löwen (1230); der Naturspiegel (Speculum naturale), welchen Vincenz von Beauvais (Bellovacensis) für den heiligen Ludwig und dessen Gemahlin Margarete von Provence schrieb (1250); das Buch der Natur von Konrad von Meygenberg, Priester zu Regensburg (1349); und das Weltbild (Imago Mundi) des Kardinals Petrus de Alliaco, Bischofs von Cambray (1410). Diese Encyklopädieen waren die Vorläufer der großen Margarita philosophica des Pater Reisch, deren erste Ausgabe 1486 erschien und welche ein halbes Jahrhundert lang die Verbreitung des Wissens auf eine merkwürdige Weise befördert hat. Bei dem Weltbilde (der Weltbeschreibung des Kardinals Alliacus (Pierre d'Ailly) müssen wir hier noch besonders verweilen. Ich habe an einem anderen Orte erwiesen, daß das Buch Imago Mundi mehr Einfluß auf die Entdeckung von Amerika als der Briefwechsel mit dem gelehrten Florentiner Toscanelli ausgeübt hat.[185] Alles, was Christoph Kolumbus von den griechischen und römischen Schriftstellern wußte, alle Stellen des Aristoteles, des Strabo und des Seneca über die Nähe des östlichen Asiens zu den Herkulessäulen, welche, wie der Sohn Don Fernando sagt, den Vater hauptsächlich anregten, die indischen Länder zu entdecken (autoridad de los escritores para mover al Almirante á descubrir las Indias), schöpfte der Admiral aus den Schriften des Kardinals. Er hatte sie bei sich auf seinen Reisen; denn in einem Briefe, den er im Monat Oktober 1498 von der Insel Hayti an die spanischen Monarchen schrieb, übersetzt er wörtlich eine Stelle aus des Alliacus Abhandlung de quantitate terrae habitabilis, welche ihm den tiefsten Eindruck gemacht hatte. Er wußte wahrscheinlich nicht, daß Alliacus auch von seiner Seite ein anderes, früheres Buch, das Opus majus des Roger Bacon, wörtlich ausgeschrieben hatte. Sonderbares Zeitalter, in welchem ein Gemisch von Zeugnissen des Aristoteles und Averroes (Avenroy), des Esra und Seneca über die geringe Aus-

dehnung der Meere im Vergleich mit der der Kontinentalmassen dem Monarchen die Ueberzeugung von der Sicherheit eines kostspieligen Unternehmens geben konnte.

Wir haben erinnert, wie mit dem Ende des 13. Jahrhunderts sich eine entschiedene Vorliebe zum Studium der Kräfte der Natur, auch eine fortschreitend philosophischere Richtung in der Form dieses Studiums, in seiner wissenschaftlichen Begründung durch Experimente zeigte. Es bleibt uns übrig, in wenigen Zügen den Einfluß zu schildern, welchen die Erweckung der klassischen Litteratur seit dem Ende des 14. Jahrhunderts auf die tiefsten Quellen des geistigen Lebens der Völker, und also auch auf eine allgemeine Weltanschauung ausgeübt hat. Die Individualität einzelner hochbegabter Männer hatte dazu beigetragen, den Reichtum der Ideenwelt zu vermehren. Die Empfänglichkeit für eine freiere Ausbildung des Geistes war vorhanden, als, durch viele zufällig scheinende Verhältnisse begünstigt, die griechische Litteratur, in ihren alten Wohnsitzen bedrängt, eine sichere Stelle in den Abendländern gewann. Die klassischen Studien der Araber waren allem fremd geblieben, was der begeisterten Sprache angehört. Sie waren auf eine sehr geringe Anzahl von Schriftstellern des Altertums beschränkt; nach der entschiedenen Vorliebe des Volkes für das Naturstudium vorzugsweise auf die physischen Bücher des Aristoteles, auf das Almagest des Ptolemäus, die Botanik und Chemie des Dioskorides, die kosmologischen Phantasieen des Plato. Die aristotelische Dialektik wurde bei den Arabern mit der Physik, wie in den früheren Zeiten des christlichen Mittelalters mit der Theologie verschwistert. Man entlehnte den Alten, was man zu speziellen Anwendungen benutzen konnte; aber man war weit entfernt, den Geist des Griechentums im ganzen zu erfassen, in den organischen Bau der Sprache einzudringen, sich der dichterischen Schöpfungen zu erfreuen, den wundervollen Reichtum in dem Gebiet der Redekunst und der Geschichtschreibung zu ergründen.

Fast zwei Jahrhunderte vor Petrarca und Boccaccio hatten allerdings schon Johann von Salisbury und der platonisierende Abälard wohlthätig auf die Bekanntschaft mit einigen Werken des klassischen Altertums gewirkt. Beide hatten Sinn für die Anmut von Schriften, in denen Freiheit und Maß, Natur und Geist sich stets miteinander verschwistert finden; aber der Einfluß des in ihnen angeregten ästhetischen Gefühls

schwand spurlos dahin. Der eigentliche Ruhm, den geflüchteten griechischen Musen in Italien einen bleibenden Wohnsitz vorbereitet, an der Wiederherstellung der klassischen Litteratur am kräftigsten gearbeitet zu haben, gebührt zwei innigst befreundeten Dichtern: Petrarca und Boccaccio. Ein Mönch aus Kalabrien, Barlaam, der lange in Griechenland in der Gunst des Kaisers Andronikus gelebt hatte, unterrichtete beide. Mit ihnen fing die sorgfältigste Sammlung römischer und griechischer Handschriften an. Selbst der historische Sinn für Sprachvergleichung war bei Petrarca erwacht, dessen philologischer Scharfsinn wie nach einer allgemeineren Weltanschauung strebte. Wichtige Beförderer der griechischen Studien waren Emanuel Chrysoloras, welcher als griechischer Gesandter nach Italien und England (1391) geschickt wurde, der Kardinal Bessarion aus Trapezunt, Gemistus Pletho und der Athener Demetrius Chalkondylas, dem man die erste gedruckte Ausgabe des Homer verdankt.[136] Alle diese griechischen Einwanderungen geschahen vor der verhängnisvollen Einnahme von Konstantinopel (29. Mai 1453); nur Konstantin Laskaris, dessen Vorfahren dort einst auf dem Throne gesessen, kam später nach Italien. Die kostbare Sammlung griechischer Handschriften, die er mitbrachte, ist in die selten benutzte Bibliothek des Eskorials verschlagen. Das erste griechische Buch wurde nur 14 Jahre vor der Entdeckung von Amerika gedruckt, wenngleich die Erfindung der Buchdruckerkunst selbst, wahrscheinlich gleichzeitig und ganz selbständig[137] von Gutenberg in Straßburg und Mainz, von Lorenz Janssen Koster in Harlem[138] gemacht, zwischen 1436 und 1439 fällt, also in die glückliche Epoche der ersten Einwanderung der gelehrten Griechen in Italien.

Zwei Jahrhunderte früher als alle Quellen der griechischen Litteratur dem Abendlande geöffnet wurden, 25 Jahre vor der Geburt des Dante, einer der großen Epochen in der Kulturgeschichte des südlichen Europas, ereigneten sich im inneren Asien wie im östlichen Afrika Begebenheiten, welche bei dem erweiterten Handelsverkehr die Umschiffung von Afrika und die Expedition des Kolumbus beschleunigten. Die Heerzüge der Mongolen, in 26 Jahren von Peking und der chinesischen Mauer bis Krakau und Liegnitz, erschreckten die Christenheit. Eine Zahl rüstiger Mönche wurden als Bekehrer und Diplomaten ausgesandt: Johann de Plano Carpini und Nikolas Ascelin an Batu Chan, Ruisbroeck (Rubruquis) an Mangu

Chan nach Karakorum. Von diesen Missionären hat uns der zuletzt genannte feine und wichtige Bemerkungen über die räumliche Verteilung der Sprach- und Völkerstämme in der Mitte des 13. Jahrhunderts aufbewahrt. Er erkannte zuerst, daß die Hunnen, die Baschkiren (Einwohner von Paskatir, Baschgird des Ibn Foslan) und die Ungarn finnische (uralische) Stämme sind; er fand noch gotische Stämme, die ihre Sprache beibehalten, in den festen Schlössern der Krim.[108] Rubruquis machte die beiden mächtigen seefahrenden Nationen Italiens, die Venezianer und Genueser, lüstern nach den unermeßlichen Reichtümern des östlichen Asiens. Er kennt, ohne den großen Handelsort zu nennen, „die silbernen Mauern und goldenen Türme" von Quinsay, dem heutigen Hangtschenfu, welches 25 Jahre später durch den größten Landreisenden aller Jahrhunderte, Marco Polo,[109] so berühmt geworden ist. Wahrheit und naiver Irrtum finden sich sonderbar in Rubruquis, dessen Reisenachrichten uns Roger Bacon aufbewahrt, vermischt. Nahe bei dem Khatai, „das vom östlichen Meere begrenzt ist", beschreibt er ein glückliches Land, „in welchem fremde Männer und Frauen, so wie sie eingewandert sind, zu altern aufhören". Leichtgläubiger noch als der Brabanter Mönch, aber deshalb auch weit mehr gelesen, war der englische Ritter John Mandeville. Er beschreibt Indien und China, Ceylon und Sumatra. Der Umfang und die individuelle Form seiner Beschreibungen haben (wie die Itinerarien von Balducci Pegoletti und die Reise des Ruy Gonzalez de Clavijo) nicht wenig dazu beigetragen, den Hang zu einem großen Weltverkehr zu beleben.

Man hat oft und mit sonderbarer Bestimmtheit behauptet, das vortreffliche Werk des wahrheitsliebenden Marco Polo, besonders die Kenntnis, welche dasselbe über die chinesischen Häfen und den Indischen Archipelagus verbreitete, habe einen großen Einfluß auf Kolumbus ausgeübt, ja dieser sei sogar im Besitz eines Exemplars von Marco Polo auf seiner ersten Entdeckungsreise gewesen. Ich habe bewiesen, daß Christoph Kolumbus und sein Sohn Fernando wohl des Aeneas Sylvius (Papsts Pius II.) Geographie von Asien, aber nie Marco Polo und Mandeville nennen. Was sie von Quinsay, Zaitun, Mangu und Zipangu wissen, kann aus dem berühmten Briefe des Toscanelli von 1474 über die Leichtigkeit, das östliche Asien von Spanien aus zu erreichen, aus den Erzählungen des Nicolo de' Conti, welcher 25 Jahre lang Indien und das

südliche China durchreist war, genommen sein, ohne unmittelbare Bekanntschaft mit den Kapiteln 68 und 77 des zweiten Buchs des Marco Polo. Die älteste gedruckte Ausgabe seiner Reise ist eine dem Kolombus und Toscanelli gewiß gleich unverständlich gebliebene deutsche Uebersetzung von 1477. Daß Kolombus zwischen den Jahren 1471 und 1492, in denen er sich mit seinem Projekte, „den Osten durch den Westen zu suchen (buscar el levante por el poniente, pasar á donde nacen las especerias, navegando al occidente)", beschäftigte, ein Manuskript des venezianischen Reisenden gesehen haben könne, darf als Möglichkeit freilich nicht geleugnet werden;[141] aber warum würde er sich in dem Briefe an die Monarchen aus Jamaika vom 7. Junius 1503, wo er die Küste von Veragua als einen Teil des asiatischen Ciguare nahe beim Ganges beschreibt und Pferde mit goldenem Geschirr zu sehen hofft, nicht lieber des Zipangu von Marco Polo als des Papa Pio erinnert haben?

Wenn die diplomatischen Missionen der Mönche und wohlgeleitete merkantilische Landreisen zu einer Zeit, wo die Weltherrschaft der Mongolen vom Stillen Meere bis an die Wolga das Innere von Asien zugänglich machte, den großen seefahrenden Nationen eine Kenntnis von Khatai und Zipangu (China und Japan) verschafften, so bahnte die Sendung des Petro de Covilham und Alonso de Payva (1487), welche König Johann II. veranstaltete, um den „afrikanischen Priester Johannes" aufzusuchen, den Weg, wenn auch nicht für Bartholomäus Diaz, doch für Vasco da Gama. Vertrauend den Nachrichten, welche in Kalikut, Goa und Aden wie in Sofala an der Ostküste Afrikas von indischen und arabischen Piloten eingezogen wurden, ließ Covilham den König Johann II. durch zwei Juden aus Kairo wissen, daß, wenn die Portugiesen ihre Entdeckungsreisen an der Westküste gegen Süden weiter fortsetzten, sie an die Endspitze von Afrika gelangen würden, von wo aus die Schiffahrt nach der Mondinsel (Magastar des Polo), nach Sansibar und dem goldreichen Sofala überaus leicht wäre. Ehe aber diese Nachrichten nach Lissabon gelangten, wußte man dort längst, daß Bartholomäus Diaz das Vorgebirge der guten Hoffnung (Cabo tormentoso) nicht bloß entdeckt, sondern (wenn auch nur auf eine kleine Strecke) umschifft hatte.[142] Durch Aegypten, Abessinien und Arabien konnten sich übrigens sehr früh im Mittelalter Nachrichten von den indischen und arabischen Handelsstationen an der afrika-

nischen Ostküste und von der Konfiguration der Südspitze des Kontinents nach Venedig verbreitet haben. Die triangulare Gestalt von Afrika ist in der That schon auf dem Planisphärium des Sanuto[143] von 1306, in dem genuesischen Portulano della Mediceo-Laurenziana von 1351, welchen der Graf Baldelli aufgefunden, und auf der Weltkarte von Fra Mauro deutlich abgebildet. Die Geschichte der Weltanschauung bezeichnet, ohne dabei zu verweilen, die Epochen, in denen die Hauptgestaltung der großen Kontinentalmassen zuerst erkannt wurde.

Indem die sich allmählich entwickelnde Kenntnis der Raumverhältnisse dazu anregte, auf Abkürzungen von Seewegen zu denken, wuchsen auch schnell die Mittel, durch Anwendung der Mathematik und Astronomie, durch Erfindung neuer Meßinstrumente und geschicktere Benutzung der magnetischen Kräfte die praktische Nautik zu vervollkommnen. Die Benutzung der Nord- und Südweisung des Magnetes, d. i. den Gebrauch des Seekompasses, verdankt Europa sehr wahrscheinlich den Arabern und diese verdanken sie wiederum den Chinesen. In einem chinesischen Werke (in dem historischen Szuk des Szumathsian, eines Schriftstellers aus der ersten Hälfte des 2. Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung) wird der magnetischen Wagen erwähnt, welche der Kaiser Tschingwang aus der alten Dynastie der Tscheu über 900 Jahre früher den Gesandten von Tunkin und Kochinchina geschenkt hatte, damit sie ihren Landweg zur Rückkehr nicht verfehlen möchten. Im 3. Jahrhundert unserer Zeitrechnung, unter der Dynastie der Han, wird in Hiutschins Wörterbuche Schuewen die Art beschrieben, wie man durch methodisches Streichen einem Eisenstabe die Eigenschaft gibt, sich mit dem einen Ende gegen Süden zu richten. Wegen der gewöhnlichsten Richtung der dasigen Schiffahrt wird immer vorzugsweise die Südweisung erwähnt. Hundert Jahre später, unter der Dynastie der Tsin, benutzen dieselbe schon chinesische Schiffe, um ihre Fahrt auf offenem Meere sicher zu leiten. Durch diese Schiffe hat die Kenntnis der Bussole sich nach Indien und von da nach der Ostküste von Afrika verbreitet. Die arabischen Benennungen zohron und aphron (für Süd und Nord),[144] welche Vincenz von Beauvais in seinem Naturspiegel den beiden Enden der Magnetnadel gibt, bezeugen (wie die vielen arabischen Sternnamen, deren wir uns heute noch bedienen), auf welchem Wege und durch wen das Abendland belehrt wurde. In dem christlichen

Europa ist von dem Gebrauch der Nadel, als von einem ganz bekannten Gegenstande zuerst in einem politisch-satirischen Gedichte la Bible des Guyot von Provins, 1190, und in der Beschreibung von Palästina des Bischofs von Ptolemais, Jakob von Vitry zwischen 1204 und 1215, geredet worden. Auch Dante (Parad. XII, 29) erwähnt in einem Gleichnis der Nadel (ago), „die nach dem Sterne weist."

Dem Flavio Gioja aus Positano, unweit des schönen und durch seine weit verbreiteten Seegesetze so berühmten Amalfi, hat man lange die Erfindung des Seekompasses zugeschrieben; vielleicht war von demselben (1302) irgend eine Vervollkommnung in der Vorrichtung angegeben worden. Eine viel frühere Benutzung des Kompasses in den europäischen Gewässern als im Anfang des 14. Jahrhunderts beweist auch eine nautische Schrift des Raimundus Lullus aus Majorca, des sonderbaren, geistreichen, exzentrischen Mannes, dessen Doktrinen Giordano Bruno schon als Knaben begeisterten und der zugleich philosophischer Systematiker, Scheidekünstler, christlicher Bekehrer und Schiffahrtskundiger war. In seinem Buche Fenix de las maravillas del orbe, das im Jahre 1286 verfaßt ist, sagt Lullus, daß die Seefahrer seiner Zeit sich der „Meßinstrumente, der Seekarten und der Magnetnadel" bedienten.[145] Die frühen Schiffahrten der Katalanen nach der Nordküste von Schottland und nach der Westküste des tropischen Afrikas (Don Jayme Ferrer gelangte im Monat August 1346 an den Ausfluß des Rio de Ouro), die Entdeckung der Azoren (Bracir-Inseln der Weltkarte von Picigano, 1367) durch die Normänner erinnern uns, daß lange vor Kolumbus man den freien westlichen Ozean durchschiffte. Was unter der Römerherrschaft im Indischen Meere zwischen Ocelis und der malabarischen Küste bloß im Vertrauen auf die Regelmäßigkeit der Windesrichtungen ausgeführt wurde, geschah jetzt unter Leitung der Magnetnadel.

Die Anwendung der Astronomie auf die Schiffahrtskunde war vorbereitet durch den Einfluß, welchen vom 13. zum 15. Jahrhundert in Italien Andalone del Nero und der Berichtiger der Alfonsinischen Himmelstafeln Johann Bianchini, in Deutschland Nikolaus von Cusa,[146] Georg von Peurbach und Regiomontanus ausübten. Astrolabien zur Bestimmung der Zeit und der geographischen Breite durch Meridianhöhen, anwendbar auf einem immer bewegten Elemente, erhielten allmähliche Vervollkommnung, sie erhielten sie von dem Astro-

labium der Piloten von Majorca an, welches Raimund Lullus[147] in dem Jahre 1295 in seiner Arte de navegar beschreibt, bis zu dem, das Martin Behaim 1484 zu Lissabon zustande brachte und das vielleicht nur eine Vereinfachung des Meteoroskops seines Freundes Regiomontanus war. Als der Infant Heinrich der Seefahrer (Herzog von Viseo) in Sagres eine Pilotenakademie stiftete, wurde Maestro Jayme aus Majorca zum Direktor derselben ernannt. Martin Behaim hatte den Auftrag von König Johann II. von Portugal, Tafeln für die Abweichung der Sonne zu berechnen und die Piloten zu lehren „nach Sonnen- und Sternhöhen zu schiffen". Ob man schon am Ende des 15. Jahrhunderts die Vorrichtung der Logleine gekannt habe, um neben der durch den Kompaß bestimmten Richtung auch die Länge des zurückgelegten Weges zu schätzen, kann nicht entschieden werden, doch ist gewiß, daß Pigafetta, Magelhaens' Begleiter, von dem Log (la catena a poppa) wie von einem längst bekannten Mittel spricht, den zurückgelegten Weg zu messen.[148]

Der Einfluß der arabischen Civilisation, der astronomischen Schulen von Cordova, Sevilla und Granada auf das Seewesen in Spanien und Portugal ist nicht zu übersehen. Man ahmte für das Seewesen im kleinen die großen Instrumente der Schulen von Bagdad und Kairo nach. Auch die Namen gingen über. Der des Astrolabon, welches Martin Behaim an den großen Mast befestigte, gehört ursprünglich dem Hipparch. Als Vasco da Gama an der Ostküste von Afrika landete, fand er, daß die indischen Piloten in Melinde den Gebrauch der Astrolabien und Ballestillen kannten. So war durch Mitteilung bei zunehmendem Weltverkehr wie durch eigene Erfindungsgabe und gegenseitige Befruchtung des mathematischen und astronomischen Wissens alles vorbereitet, um die Entdeckung des tropischen Amerikas, die schnelle Bestimmung seiner Gestaltung, die Schiffahrt um die Südspitze von Afrika nach Indien, und die erste Weltumsegelung, d. h. alles, was Großes und Ruhmwürdiges für die erweiterte Kenntnis des Erdraumes in dreißig Jahren (von 1492 bis 1522) geschehen ist, zu erleichtern. Auch der Sinn der Menschen war geschärfter, um die grenzenlose Fülle neuer Erscheinungen in sich aufzunehmen, zu verarbeiten und durch Vergleichung für allgemeine und höhere Weltansichten zu benutzen.

Von den Elementen dieser höheren Weltansichten, solcher, die zu der Einsicht in den Zusammenhang der Erscheinungen

auf dem Erdkörper leiten konnten, genügt es, hier nur die vorzüglicheren zu berühren. Wenn man sich ernsthaft mit den Originalwerken der frühesten Geschichtschreiber der Conquista beschäftigt, so erstaunt man, oft schon den Keim wichtiger physischer Wahrheiten in den spanischen Schriftstellern des 16. Jahrhunderts zu entdecken. Bei dem Anblick eines Festlandes, welches in den weiten Einöden des Ozeans von allen anderen Gebieten der Schöpfung getrennt erschien, bot sich sowohl der angeregten Neugierde der ersten Reisenden als denen, welche ihre Erzählungen sammelten, ein großer Teil der wichtigen Fragen dar, die uns noch heute beschäftigen: Fragen über die Einheit des Menschengeschlechtes und dessen Abweichungen von einer gemeinsamen Urgestaltung, über die Wanderungen der Völker und die Verschwisterung von Sprachen, welche in ihren Wurzelwörtern oft größere Verschiedenheiten als in den Flexionen oder grammatischen Formen offenbaren, über die Möglichkeit der Wanderung von Pflanzen- und Tierarten, über die Ursache der Passatwinde und der konstanten Meeresströmungen, über die regelmäßige Wärmeabnahme an dem Abhange der Kordilleren und in der Tiefe des Ozeans in übereinander gelagerten Wasserschichten, über die gegenseitige Einwirkung der in Ketten auftretenden Vulkane und den Einfluß derselben auf die Frequenz der Erdbeben und die Ausdehnung der Erschütterungskreise. Die Grundlage von dem, was man heute *physikalische Erdbeschreibung* nennt, ist, die mathematischen Betrachtungen abgerechnet, in des Jesuiten Joseph Acosta *Historia natural y moral de las Indias* wie in dem kaum 20 Jahre nach dem Tode des Kolumbus erschienenen Werke von Gonzalo Hernandez de Oviedo enthalten. In keinem anderen Zeitpunkte seit dem Entstehen des gesellschaftlichen Zustandes war der Ideenkreis in Bezug auf die Außenwelt und die räumlichen Verhältnisse so plötzlich und auf eine so wunderbare Weise erweitert, das Bedürfnis lebhafter gefühlt worden, die Natur unter verschiedenen Breitengraden und in verschiedenen Höhen über der Meeresfläche zu beobachten, die Mittel zu vervielfältigen, durch welche sie befragt werden kann.

Man möchte sich vielleicht, wie ich schon an einem anderen Orte bemerkt habe, zu der Annahme verleiten lassen, daß der Wert so großer Entdeckungen, die sich gegenseitig hervorriefen, der Wert dieser zweifachen Eroberungen in der physischen und in der intellektuellen Welt erst in unseren Tagen anerkannt worden ist, seitdem die Kulturgeschichte des Men-

schengeschlechts sich einer philosophischen Behandlung erfreut. Eine solche Annahme wird durch die Zeitgenossen des Kolumbus widerlegt. Die talentvollsten unter ihnen ahnten den Einfluß, welchen die Begebenheiten der letzten Jahre des 15. Jahrhunderts auf die Menschheit ausüben würden. „Jeder Tag," schreibt Peter Martyr von Anghiera[149] in seinen Briefen aus den Jahren 1493 und 1494, „bringt uns neue Wunder aus einer Neuen Welt; von jenen Antipoden des Westens, die ein gewisser Genueser (Christophorus quidam, vir Ligur) aufgefunden hat. Von unseren Monarchen, Ferdinand und Isabella, ausgesandt, hatte er mit Mühe drei Schiffe erlangen können, weil man für fabelhaft hielt, was er sagte. Unser Freund Pomponius Lätus (einer der ausgezeichnetsten Beförderer der klassischen Litteratur und wegen seiner religiösen Meinungen zu Rom verfolgt) hat sich kaum der Freudenthränen enthalten können, als ich ihm die erste Nachricht von einem so unverhofften Ereignisse mitteilte." Anghiera, dem wir diese Worte entlehnen, war ein geistreicher Staatsmann an dem Hofe Ferdinands des Katholischen und Karls V., einmal Gesandter in Aegypten, persönlicher Freund von Kolumbus, Amerigo Vespucci, Sebastian Cabot und Cortes. Sein langer Lebenslauf umfaßt die Entdeckung der westlichen azorischen Insel, Corvo, die Expeditionen von Diaz, Kolumbus, Gama und Magelhaens. Der Papst Leo X. las seiner Schwester und den Kardinälen „bis in die tiefe Nacht" die Oceanica des Anghiera vor. „Spanien," sagt dieser, „möchte ich von jetzt an nicht wieder verlassen, weil ich hier an der Quelle der Nachrichten aus den neu entdeckten Ländern stehe und als Geschichtschreiber so großer Begebenheiten hoffen darf, meinem Namen einigen Ruhm bei der Nachwelt zu verschaffen."[150] So lebhaft wurde von den Zeitgenossen gefühlt, was glänzend in den spätesten Erinnerungen aller Jahrhunderte leben wird.

Kolumbus, indem er das westlich von dem Meridian der azorischen Insel noch ganz unerforschte Meer durchschiffte und zur Ortsbestimmung das neu vervollkommnete Astrolabium anwandte, suchte das östliche Asien auf dem Wege gegen Westen nicht als ein Abenteurer; er suchte es nach einem festen vorgefaßten Plane. Er hatte allerdings die Seekarte am Bord, welche ihm der Florentiner Arzt und Astronom Paola Toscanelli 1477 geschickt hatte und welche 53 Jahre nach seinem Tode noch Bartholomäus de las Casas besaß. Nach der hand-

schriftlichen Geschichte des letzteren, die ich untersucht, war dies auch die Carta de marear,[151] welche der Admiral am 25. September 1492 dem Martin Alonso Pinzon zeigte und auf der mehrere vorliegende Inseln eingezeichnet waren. Wäre indes Kolumbus der Karte seines Ratgebers Toscanelli allein gefolgt, so würde er einen nördlichen Kurs und zwar im Parallelkreise von Lissabon gehalten haben; er steuerte dagegen, in der Hoffnung Zipangu (Japan) schneller zu erreichen, die Hälfte des Weges in der Breite der kanarischen Insel Gomera, und später in Breite abnehmend, befand er sich am 7. Oktober 1492 unter 25½°. Unruhig darüber, die Küsten von Zipangu nicht zu entdecken, die er nach seiner Schiffsrechnung schon 216 Seemeilen östlicher hatte finden sollen, gab er nach langem Streite dem Befehlshaber der Caravele Pinta, dem eben genannten Martin Alonso Pinzon (einem der drei reichen, einflußvollen, ihm feindlichen Brüder), nach und steuerte gegen Südwest. Diese Veränderung der Richtung führte am 12. Oktober zur Entdeckung von Guanahani.

Wir müssen hier bei einer Betrachtung verweilen, die eine wundersame Verkettung kleiner Begebenheiten und den nicht zu verkennenden Einfluß einer solchen Verkettung auf große Weltschicksale offenbart. Der verdienstvolle Washington Irving hat mit Recht behauptet, daß, wenn Kolumbus, dem Rate des Martin Alonso Pinzon widerstehend, fortgefahren hätte, gegen Westen zu segeln, er in den warmen Golfstrom geraten wäre und nach Florida und von dort vielleicht nach dem Kap Hatteras und Virginien würde geführt worden sein: ein Umstand von unermeßlicher Wichtigkeit, da er den jetzigen Vereinigten Staaten von Nordamerika statt einer spät angelangten protestantisch-englischen Bevölkerung eine katholisch-spanische hätte geben können. „Es ist mir," sagte Pinzon zu dem Admiral, „wie eine Eingebung (el corazon me da), daß wir anders steuern müssen." Auch behauptete er deshalb in dem berühmten Prozesse, der (1513—1515) gegen die Erben des Kolumbus geführt wurde, daß die Entdeckung von Amerika ihm allein gehöre. Die Eingebung aber und, „was das Herz ihm sagte", verdankte Pinzon, wie in demselben Prozeß ein alter Matrose aus Moguer erzählt, dem Flug einer Schar von Papageien, die er abends hatte gegen Südwesten fliegen sehen, um, wie er vermuten konnte, in einem Gebüsch am Lande zu schlafen. Niemals hat der Flug der Vögel gewichtigere Folgen gehabt. Man könnte sagen, er habe entschieden über

die ersten Ansiedelungen im neuen Kontinent, über die ursprüngliche Verteilung romanischer und germanischer Menschenrassen.[152]

Der Gang großer Begebenheiten ist wie die Folge der Naturerscheinungen an ewige Gesetze gefesselt, deren wir nur wenige vollständig erkennen. Die Flotte, welche König Emanuel von Portugal auf dem Wege, den Gama entdeckt, unter dem Befehle des Pedro Alvarez Cabral nach Ostindien schickte, wurde unvermutet am 22. April 1500 an die Küste von Brasilien verschlagen. Bei dem Eifer, welchen die Portugiesen seit der Unternehmung des Diaz (1487) für die Umschiffung des Vorgebirges der guten Hoffnung zeigten, hätte es nicht an einer Wiederholung von Zufällen fehlen können, denen ähnlich, welche ozeanische Strömungen auf Cabrals Schiffe ausgeübt haben. Die afrikanischen Entdeckungen würden demnach die Entdeckung von Amerika südlich vom Aequator veranlaßt haben. So durfte Robertson sagen, es habe in den Schicksalen der Menschheit gelegen, daß vor dem Ende des 15. Jahrhunderts der neue Kontinent den europäischen Seefahrern bekannt würde.

Unter den Charaktereigenschaften von Christoph Kolumbus müssen besonders der durchdringende Blick und der Scharfsinn hervorgehoben werden, womit er ohne gelehrte Bildung, ohne physikalische und naturhistorische Kenntnisse, die Erscheinungen der Außenwelt erfaßt und kombiniert. Bei seiner Ankunft „in einer neuen Welt und unter einem neuen Himmel" beachtet er aufmerksam die Form der Ländermassen, die Physiognomik der Vegetation, die Sitten der Tiere, die Verteilung der Wärme und die Variationen des Erdmagnetismus. Während der alte Seemann sich bestrebt, die Spezereien Indiens und den Rhabarber (rubarba) aufzufinden, der durch die arabischen und jüdischen Aerzte, durch Rubruquis und die italienischen Reisenden schon eine so große Berühmtheit erlangt hatte, untersuchte er auf das genaueste Wurzeln und Früchte und Blattbildung der Pflanzen. Indem hier an den Einfluß erinnert werden soll, welchen die große Epoche der Seefahrten auf die Erweiterung der Naturansichten ausgeübt, wird die Schilderung an Lebendigkeit gewinnen, wenn sie an die Individualität eines großen Mannes geknüpft ist. In seinem Reisejournal und in seinen Berichten, die erst 1825 bis 1829 veröffentlicht worden sind, findet man bereits fast alle Gegenstände berührt, auf welche sich in der letzten Hälfte des 15. und im ganzen 16. Jahrhundert die wissenschaftliche Thätigkeit gerichtet hat.

Was die Geographie der westlichen Hemisphäre gleichsam durch Eroberungen im Raume von der Epoche an gewonnen hat, wo der Infant Dom Henrique der Seefahrer (auf seinem Landgute Terça naval an der schönen Bai von Sagres) seine ersten Entdeckungspläne entwarf, bis zu den Südseeexpeditionen von Gaetano und Cabrillo, bedarf nur einer allgemeinen Erinnerung. Die kühnen Unternehmungen der Portugiesen, der Spanier und Engländer bezeugen, daß sich auf einmal wie ein neuer Sinn für das Große und Unbegrenzte erschlossen hatte. Die Fortschritte der Nautik und die Anwendung astronomischer Methoden zur Korrektion der Schiffsrechnung begünstigten jene Bestrebungen, welche dem Zeitalter einen eigentümlichen Charakter gaben, das Erdbild vervollständigten, den Weltzusammenhang dem Menschen offenbarten. Die Entdeckung des festen Landes des tropischen Amerikas (1. August 1498) war 17 Monate später als Cabots Beschiffung der labradorischen Küste von Nordamerika. Kolumbus sah zuerst die Tierra firme von Südamerika, nicht, wie man bisher geglaubt, in der Gebirgsküste von Paria, sondern in dem Delta des Orinoko östlich vom Caño Macareo. Sebastian Cabot landete schon am 24. Juni 1497 an der Küste von Labrador zwischen 56° und 58° Breite. Daß diese unwirtbare Gegend ein halbes Jahrtausend früher von dem Isländer Leif Eriksson besucht worden war, ist schon oben entwickelt worden.

Kolumbus legte bei seiner dritten Reise mehr Wert auf die Perlen der Inseln Margarita und Cubagua als auf die Entdeckung der Tierra firme, da er bis zu seinem Tode fest überzeugt war, schon im November 1492 auf der ersten Reise in Cuba einen Teil des festen Landes von Asien berührt zu haben.[153] Von diesem Teile würde er (wie sein Sohn Don Fernando und sein Freund, der Cura de los Palacios, erzählen), wenn er Lebensmittel genug gehabt hätte, „die Schiffahrt gegen Westen fortsetzend, entweder zu Wasser über Ceylon (Taprobane) und rodeando toda la tierra de los Negros, oder zu Lande über Jerusalem und Jaffa nach Spanien[154] zurückgekehrt sein." Solche Projekte nährte der Admiral bereits 1494, also vier Jahre vor Vasco da Gama, und eine Weltumsegelung träumend 27 Jahre vor Magelhaens und Sebastian de Elcano. Die Vorbereitungen zur zweiten Reise des Cabot, auf welcher dieser bis 67½° nördlicher Breite zwischen Eisschollen vordrang und eine nordwestliche Durch-

fahrt zum Chatai (China) suchte, ließen ihn „für spätere Zeiten an eine Fahrt nach dem Nordpol (á lo del polo artico)“ denken. Je mehr man nach und nach erkannte, daß das Entdeckte von dem Labrador an bis zum Vorgebirge Paria und, wie die berühmte, spät erkannte Karte von Juan de la Cosa (1500) beweist, bis jenseits des Aequators weit in die südliche Halbkugel einen zusammenhängenden Erdstrich bildete, desto heißer wurde der Wunsch nach einer Durchfahrt im Süden oder im Norden. Nächst der Wiederauffindung des Festlandes von Amerika und der Ueberzeugung von der meridianartigen Ausdehnung des neuen Kontinents von der Hudsonsbai bis zu dem von Garcia Jofre de Loaysa[155] entdeckten Kap Horn ist die erlangte Kenntnis der Südsee, eines Meeres, das die westlichen Küsten von Amerika bespült, das wichtigste kosmische Ereignis der großen Zeitepoche, welche wir hier schildern.

Zehn Jahre ehe Balboa die Südsee (25. Sept. 1513) von der Höhe der Sierra de Quarequa auf der Landenge von Panama erblickte, hatte bereits Kolumbus, als er die östliche Küste von Veragua beschiffte, bestimmt erfahren, daß westlich von diesem Lande ein Meer liege, „welches in weniger als neun Tagesfahrten nach der Chersonesus aurea des Ptolemäus und der Mündung des Ganges führe“. In derselben Carta rarissima, welche die schöne und so poetische Erzählung eines Traumes enthält, sagt der Admiral, daß „die sich gegenüberliegenden Küsten von Veragua bei dem Rio de Belen sich in ihrer Lage gegenseitig verhalten wie Tortosa nahe am Mittelmeer und Fuenterrabia in Biscaya, wie Venedig und Pisa“. Der Große Ozean (die Südsee) erschien damals nur noch wie eine Fortsetzung des Sinus magnus (μέγας κόλπος) des Ptolemäus, dem der goldene Chersones vorlag, während sein östliches Ufer Cattigara und das Land der Sinen (Thinen) bilden sollte. Hipparchs phantastische Hypothese, nach welcher diese östliche Küste des großen Busens sich an den gegen Morgen weit vorgestreckten Teil des afrikanischen Kontinents[156] anschloß und so aus dem Indischen Meere ein gesperrtes Binnenmeer machte, war glücklicherweise im Mittelalter, trotz der Anhänglichkeit an die Ansprüche des Ptolemäus, wenig beachtet worden; sie würde gewiß auf die Richtung großer nautischer Unternehmungen einen nachteiligen Einfluß ausgeübt haben.

Die Entdeckung und Beschiffung der Südsee bezeichnen

für die Erkenntnis großer kosmischer Verhältnisse eine um so wichtigere Epoche, als durch dieselben zuerst und also vor kaum viertehalbhundert Jahren nicht bloß die Gestaltung der Westküste des neuen und der Ostküste des alten Kontinents bestimmt wurde, sondern weil auch, was meteorologisch noch weit folgereicher wurde, die numerische Größenvergleichung der Areale des Festen und Flüssigen auf der Oberfläche unseres Planeten nun endlich von den irrigsten Ansichten befreit zu werden anfing. Durch die Größe dieser Areale, durch die relative Verteilung des Festen und Flüssigen werden aber der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre, der wechselnde Luftdruck, die Vegetationskraft der Pflanzendecke, die größere oder geringere Verbreitung gewisser Tiergeschlechter und so viele andere allgemeine Erscheinungen und physische Prozesse mächtig bedingt. Der größere Flächenraum, welcher dem Flüssigen, als dem das Feste bedeckenden Elemente, eingeräumt ist (im Verhältnis von 2½ zu 1), vermindert allerdings das bewohnbare Feld für die Ansiedelung des Menschengeschlechts, die nährende Fläche für den größeren Teil der Säugetiere, Vögel und Reptilien, er ist aber nach den jetzt herrschenden Gesetzen des Organismus ein notwendiges Bedingnis der Erhaltung, eine wohlthätige Natureinrichtung für alles, was die Kontinente belebt.

Als am Ende des 15. Jahrhunderts der lebhafte Drang nach dem kürzesten Wege entstanden war, der zu den asiatischen Gewürzländern führen könnte, als fast gleichzeitig in zwei geistreichen Männern Italiens, in dem Seefahrer Christoph Kolumbus und dem Arzte und Astronomen[137] Paul Toscanelli, die Idee aufkeimte, den Orient durch eine Schiffahrt gegen Westen zu erreichen, war die Meinung herrschend, welche Ptolemäus im Almagest aufgestellt, daß der alte Kontinent von der westlichen Küste der Iberischen Halbinsel bis zu dem Meridian der östlichsten Sinen einen Raum von 180 Aequatorialgraden ausfülle, d. i. seiner Erstreckung nach von Westen nach Osten die ganze Hälfte des Erdsphäroids. Kolumbus, durch eine lange Reihe falscher Schlüsse verleitet, erweiterte diesen Raum auf 240°; die erwünschte asiatische Ostküste schien ihm bis in den Meridian von San Diego in Neukalifornien vorzutreten. Kolumbus hoffte demnach, daß er nur 120 Meridiangrade würde zu durchschiffen haben, statt der 231°, um welche z. B. die reiche sinesische Handelsstadt Quinsay westlich von der Endspitze der Iberischen Halbinsel wirklich gelegen ist.

Auf eine noch sonderbarere, seine Entwürfe begünstigende Weise verminderte Toscanelli in seinem Briefwechsel mit dem Admiral das Gebiet des flüssigen Elementes. Das Wassergebiet sollte von Portugal bis China auf 52° Meridianunterschied eingeschränkt werden, so daß, ganz wie nach dem alten Ausspruche des Propheten Esdras, $\frac{6}{7}$ der Erde trocken lägen. Kolumbus zeigte sich dieser Annahme in späteren Jahren (in einem Briefe, den er an die Königin Isabella, von Haiti aus gleich nach vollbrachter dritter Reise, richtete) um so geneigter, als dieselbe von dem Manne, welcher für ihn die höchste Autorität war, von dem Kardinal d'Ailly, in seinem Weltgemälde (Imago Mundi) verteidigt[158] worden war.

Erst sechs Jahre nachdem Balboa, ein Schwert in der Hand, bis zum Knie in die Fluten tretend, für Kastilien Besitz von der Südsee zu nehmen glaubte, zwei Jahre nachdem sein Haupt in dem Aufruhr gegen den tyrannischen Petrarias Davila[159] durch Henkershand gefallen war, erschien Magelhaens (27. November 1520) in der Südsee, durchschiffte den weiten Ozean von Südost nach Nordwest in einer Strecke von mehr als drittehalbtausend geographischen Meilen, und sah, durch ein sonderbares Geschick, ehe er die Mariannen (seine Islas de los Ladrones oder de las Velas Latinas) und die Philippinen entdeckte, kein anderes Land als zwei kleine unbewohnte Inseln (die Unglücklichen, Desventuradas), von denen, wenn man seinem Journale und seiner Schiffsrechnung trauen könnte, die eine östlich von den Niedrigen Inseln (Low Islands), die andere etwas südwestlich vom Archipel des Mendaña liegt.[160] Sebastian de Elcano vollendete nach Magelhaens' Ermordung auf der Insel Zebu die erste Weltumsegelung in der Nao Victoria, und erhielt zum Wappen einen Erdglobus, mit der ruhmvollen Inschrift: Primus circumdedisti me. Er lief erst im September 1522 in den Hafen von San Lucar ein, und noch war kein volles Jahr vergangen, so drang schon Kaiser Karl, von Kosmographen belehrt, in einem Briefe an Hernan Cortes auf die Entdeckung einer Durchfahrt, „die den Weg nach den Gewürzländern um $\frac{1}{3}$ verkürzen würde". Die Expedition des Alvaro de Saavedra wird aus einem Hafen der Provinz Zacatula an der Westküste von Mexiko nach den Molukken geschickt. Hernan Cortes korrespondiert (1527) von der neu eroberten mexikanischen Hauptstadt Tenochtitlan aus „mit den Königen von Zebu und Tidor in der asiatischen Inselwelt". So schnell vergrößerte sich räum-

lich die Weltansicht und mit ihr die Lebhaftigkeit des Weltverkehrs!

Später ging der Eroberer von Neuspanien selbst auf Entdeckungen in der Südsee und durch die Südsee auf die einer nordöstlichen Durchfahrt aus. Man konnte sich nicht an die Idee gewöhnen, daß das Festland undurchbrochen sich von so hohen Breiten der südlichen bis zu hohen Breiten der nördlichen Hemisphäre meridianartig ausdehne. Als von den Küsten Kaliforniens her das Gerücht von dem Untergange der Expedition des Cortes verbreitet wurde, ließ die Gemahlin des Helden, Juana de Zuñiga, die schöne Tochter des Grafen von Aguilar, zwei Schiffe ausrüsten, um sichere Nachricht einzuholen. Kalifornien wurde, was man im 17. Jahrhundert wieder vergaß, schon vor 1541 für eine dürre, waldlose Halbinsel erkannt. Aus den uns jetzt bekannten Berichten von Balboa, Petrarias Davila und Hernan Cortes leuchtet übrigens hervor, daß man damals in der Südsee, als in einem Teile des Indischen Ozeans gruppenweise „an Gold, Edelsteinen, Gewürzen und Perlen reiche Inseln" zu entdecken hoffte. Die aufgeregte Phantasie trieb zu großen Unternehmungen an: wie denn die Kühnheit dieser im Gelingen und Nichtgelingen auf die Phantasie zurückwirkte und sie mächtiger entflammte. So vereinigte sich vieles in dieser wunderbaren Zeit der Conquista (Zeit der Anstrengung, der Gewaltthätigkeit und des Entdeckungsschwindels auf Meer und Land), das, trotz des gänzlichen Mangels politischer Freiheit, die individuelle Ausbildung der Charaktere begünstigte und einzelnen höher Begabten manches Edle erringen half, was nur den Tiefen des Gemütes entquillt. Man irrt, wenn man die Conquistadores allein von Goldgeiz oder gar von religiösem Fanatismus geleitet glaubt. Gefahren erhöhen immer die Poesie des Lebens; dazu gab das mächtige Zeitalter, das wir hier in seinem Einflusse auf die Entwickelung kosmischer Ideen schildern, allen Unternehmungen, wie den Natureindrücken, welche ferne Reisen darbieten, einen Reiz, der unserem gelehrten Zeitalter in den jetzt so vielfach aufgeschlossenen Erdräumen zu mangeln beginnt, den Reiz der Neuheit und staunenerregender Ueberraschung. Nicht eine Erdhälfte, sondern fast $^2/_3$ der Erdkugel waren damals noch eine neue und unerforschte Welt, ungesehen wie die eine abgewandte Mondhälfte, welche nach den waltenden Gravitationsgesetzen dem Blick der Erdbewohner für immer entzogen bleibt. Unserem tiefer

forschenden und in Ideenreichtum fortgeschrittenen Zeitalter ist ein Ersatz geworden für die Abnahme jener Ueberraschung, welche die Neuheit großer, massenhaft imponierender Naturerscheinungen einst hervorrief; ein Ersatz, freilich nicht für den großen Haufen, sondern lange noch für die kleine Zahl der mit dem Zustand der Wissenschaften vertrauten Physiker. Ihn gewährt die zunehmende Einsicht in das stille Treiben der Kräfte der Natur, sei es in dem Elektromagnetismus oder in der Polarisation des Lichtes, in dem Einfluß diathermaner Substanzen oder in den physiologischen Erscheinungen lebendiger Organismen — eine sich enthüllende Wunderwelt, an deren Eingang wir kaum gelangt sind!

Noch in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts wurden die Sandwichinseln, das Land der Papua und einige Teile von Neuholland entdeckt.[161] Diese Entdeckungen bereiteten vor zu denen von Cabrillo, Sebastian Vizcaino, Mendaña[162] und Quiros, dessen Sagittaria Tahiti, dessen Archipelago del Espiritu Santo die Neuen Hebriden von Cook sind. Quiros war von dem kühnen Seefahrer begleitet, welcher später der Torresstraße seinen Namen gab. Die Südsee erschien nun nicht mehr, wie dem Magelhaens, eine Einöde; sie erschien durch Inseln belebt, die aber freilich aus Mangel genauer astronomischer Ortsbestimmungen, wie schlecht gewurzelt, auf den Karten hin und her schwankten. Die Südsee blieb auch lange der alleinige Schauplatz von den Unternehmungen der Spanier und Portugiesen. Die wichtige südindisch-malayische Inselwelt, von Ptolemäus, Cosmas und Polo dunkel beschrieben, entfaltete sich in bestimmteren Umrissen, seitdem Albuquerque (1511) sich in Malakka festsetzte und Anton Abreu schiffte. Es ist das besondere Verdienst des klassischen portugiesischen Geschichtschreibers Barros, eines Zeitgenossen von Magelhaens und Camoens, die Eigentümlichkeit des physischen und ethnischen Charakters der Inselwelt so lebendig erkannt zu haben, daß er zuerst das australische Polynesien als einen fünften Erdteil abzusondern vorschlug. Erst als die holländische Macht in den Molukken die herrschende wurde, fing Australien an aus dem Dunkel herauszutreten und sich für den Geographen zu gestalten. Es begann nun die große Epoche von Abel Tasman. Wir liefern hier nicht die Geschichte der einzelnen geographischen Entdeckungen; wir erinnern bloß an die Hauptereignisse, durch welche in kurzer Zeit und in enger Verkettung, folgend dem

plötzlich erwachten Streben nach allem Weiten, Unbekannten und Fernen, zwei Dritteile der Erdoberfläche erschlossen wurden.

Einer solchen erweiterten Kenntnis von Land- und Meeresräumen entsprach auch die erweiterte Einsicht in das Wesen und die Gesetze der Naturkräfte, in die Verteilung der Wärme auf dem Erdkörper, in den Reichtum der Organismen und die Grenzen ihrer Verbreitung. Die Fortschritte, welche am Schlusse des wissenschaftlich zu gering geachteten Mittelalters die einzelnen Disziplinen gemacht hatten, beschleunigten das Auffassen und die sinnige Vergleichung einer maßlosen Fülle physischer Erscheinungen, die auf einmal der Beobachtung dargeboten wurden. Die Eindrücke waren um so tiefer, zur Ergründung von kosmischen Gesetzen um so anregender, als die westlichen Völker Europas vor der Mitte des 16. Jahrhunderts den neuen Kontinent bereits in den verschiedensten Breitengraden beider Hemisphären, wenigstens den Küsten nahe, durchforscht hatten; als sie hier zuerst in der eigentlichen Aequatorialgegend festen Fuß gefaßt, und als durch die dortige sonderbare Höhengestaltung der Erdoberfläche auf engen Räumen die auffallendsten Kontraste der vegetabilischen Organisation und der Klimate sich ihren Blicken dargestellt hatten. Wenn ich mich hier wieder veranlaßt finde, die begeistigenden Vorzüge der Gebirgsländer in der Aequinoktialzone besonders hervorzuheben, so kann mich der schon mehrfach wiederholte Ausspruch rechtfertigen, daß es den Bewohnern dieser Länder allein verliehen ist, alle Gestirne der Himmelsräume wie fast alle Familiengestaltungen der Pflanzenwelt zu schauen; aber schauen ist nicht beobachten, d. h. vergleichend kombinieren.

Wenn sich auch in Kolumbus, wie ich in einem anderen Werke glaube bewiesen zu haben, bei völligem Mangel naturhistorischer Vorkenntnisse, bloß durch den Kontakt mit großen Naturphänomenen, der Sinn für genaue Beobachtung auf mannigfaltige Weise entwickelte, so darf man keineswegs eine ähnliche Entwickelung in der rohen und kriegerischen Masse der Konquistadoren voraussetzen. Was Europa unbestreitbar durch die Entdeckung von Amerika als Bereicherung seines naturhistorischen und physikalischen Wissens über die Konstitution des Luftkreises und seine Wirkungen auf die menschliche Organisation, über die Verteilung der Klimate am Abhange der Kordilleren, über die Höhe des ewigen Schnees nach Maßgabe der verschiedenen Breitengrade in beiden Hemisphären,

über die Reihenfolge der Vulkane, die Begrenzung der Erschütterungskreise bei Erdbeben, die Gesetze des Magnetismus, die Richtung der Meeresströme, die Abstufungen neuer Tier- und Pflanzenformen allmählich erlangt hat, verdankt es einer anderen, friedsameren Klasse von Reisenden, einer geringen Zahl ausgezeichneter Männer unter den Munizipalbeamten, Geistlichen und Aerzten. Diese konnten, in altindischen Städten wohnend, deren einige 12000 Fuß (3900 m) hoch über dem Meere liegen, mit eigenen Augen beobachten, während eines langen Aufenthaltes das von anderen Gesehene prüfen und kombinieren, Naturprodukte sammeln, beschreiben und ihren europäischen Freunden zusenden. Es genügt hier Gomara, Oviedo, Acosta und Hernandez zu nennen. Einige Naturprodukte (Früchte und Tierfelle) hatte Kolumbus bereits von seiner ersten Entdeckungsreise heimgebracht. In einem Briefe aus Segovia (August 1494) fordert die Königin Isabella den Admiral auf, in seinem Einsammeln fortzufahren. Sie begehrt von ihm besonders „alle Strand- und Waldvögel von Ländern, die ein anderes Klima und andere Jahreszeiten haben.“ Man hat bisher wenig darauf geachtet, daß von derselben Westküste Afrikas, von der Hanno fast 2600 Jahre früher „gegerbte Felle wilder Frauen“ (der großen Gorillaaffen) mitbrachte, um sie in einem Tempel aufzuhängen, Martin Behaims Freund Cadamosto schwarzes, 1½ Palmen langes Elefantenhaar für den Infanten Heinrich den Seefahrer sammelte. Hernandez, Leibarzt Philipps II. und von diesem Monarchen nach Mexiko gesandt, um alle vegetabilischen und zoologischen Merkwürdigkeiten des Landes in herrlichen Abbildungen darstellen zu lassen, konnte seine Sammlungen durch die Kopie mehrerer sehr sorgfältig ausgeführter naturhistorischer Gemälde bereichern, welche auf Befehl eines Königs von Tezcuco, Nezahualcoyotl[103] (ein halbes Jahrhundert vor Ankunft der Spanier) angefertigt worden waren. Auch benutzte Hernandez eine Zusammenstellung von Medizinalpflanzen, die er in dem berühmten altmexikanischen Garten von Huaxtepec noch vegetierend gefunden. Wegen eines nahen neu angelegten spanischen Krankenhauses[104] hatten die Konquistadoren jenen Garten nicht verwüstet. Fast gleichzeitig sammelte man und beschrieb, was später für die Theorie der successiven Hebung der Gebirgsketten so wichtig wurde, fossile Mastodontenknochen auf den Hochebenen von Mexiko, Neugranada und Peru. Die Benennungen: Gigantenknochen

und Gigantenfelder (Campos de Gigantes) bedeuten das Phantastische der ersten Deutungen.

Was in dieser vielbewegten Zeit auch wesentlich zur Erweiterung der Weltansichten beitrug, war der unmittelbare Kontakt einer zahlreichen europäischen Menschenmasse mit der freien und dabei großartigen exotischen Natur in den Ebenen und Gebirgsländern von Amerika, wie auch (als Folge der Schiffahrt von Vasco da Gama) an den östlichen Küsten von Afrika und Südindien. Hier legte schon im Anfange des 16. Jahrhunderts ein portugiesischer Arzt, Garcia de Orta, da wo jetzt Bombay liegt, unter dem Schutze des edlen Martin Alfonso de Sousa, einen botanischen Garten an, in welchem er die Arzneigewächse der Umgegend kultivierte. Die Muse des Camoens hat ihm ein patriotisches Lob gespendet. Der Trieb zum Selbstbeobachten war nun überall erwacht, während die kosmographischen Schriften des Mittelalters minder das Resultat eigener Anschauung gewesen sind als Kompilationen, welche die Meinungen des klassischen Altertums einförmig wiedergaben. Zwei der größten Männer des 16. Jahrhunderts, Konrad Gesner und Andreas Cäsalpinus, haben in Zoologie und Botanik einen neuen Weg rühmlichst vorgezeichnet.

Um anschaulicher den frühen Einfluß zu bezeichnen, welchen die ozeanischen Entdeckungen auf die erweiterte Sphäre des physischen und astronomisch-nautischen Wissens ausgeübt haben, will ich, am Schluß dieser Schilderung, auf einige Lichtpunkte aufmerksam machen, die wir bereits in den Berichten des Kolumbus aufglimmen sehen. Ihr erster schwacher Glanz verdient um so sorgfältiger beachtet zu werden, als sie die Keime allgemeiner kosmischer Ansichten enthalten. Ich übergehe die Beweise von Resultaten, welche ich hier aufstelle, weil ich dieselben in einer anderen Schrift: „Kritische Untersuchungen über die historische Entwickelung der geographischen Kenntnisse von der Neuen Welt und der nautischen Astronomie in dem 15. und 16. Jahrhundert", ausführlich gegeben habe. Um aber dem Verdacht zu entgehen, daß ich die Ansichten der neueren Physik den Beobachtungen des Kolumbus unterlege, fange ich ausnahmsweise damit an, aus einem Briefe, den der Admiral im Monat Oktober 1498 aus Hayti geschrieben, einige Zeilen wörtlich zu übersetzen. Es heißt in diesem Briefe: „Jedesmal wenn ich von Spanien nach Indien segle, finde ich, so bald ich hundert Seemeilen nach Westen von den Azoren

gelange, eine außerordentliche Veränderung in der Bewegung der himmlischen Körper, in der Temperatur der Luft und in der Beschaffenheit des Meeres. Ich habe diese Veränderungen mit besonderer Sorgfalt beobachtet, und erkannt, daß die Seekompasse (agujas de marear), deren Deklination bisher im Nordosten war, sich nun nach Nordwesten hinüberbewegten; und wenn ich diesen Strich (raya), wie den Rücken eines Hügels (como quien traspone una cuesta), überschritten hatte, fand ich die See mit einer solchen Masse von Tang, gleich kleinen Tannenzweigen, die Pistazienfrüchte tragen, bedeckt, daß wir glauben mußten, die Schiffe würden aus Mangel von Wasser auf eine Untiefe auflaufen. Vor dem eben bezeichneten Striche aber war keine Spur von solchem Seekraute zu sehen. Auch wird auf der Grenzscheide (hundert Meilen westlich von den Azoren) auf einmal das Meer still und ruhig, fast nie von einem Winde bewegt. Als ich von den Kanarischen Inseln bis zum Parallel von Sierra Leone herabkam, hatte ich eine furchtbare Hitze zu ertragen, sobald wir aber uns jenseits der oben erwähnten raya (in Westen des Meridians der azorischen Inselgruppe) befanden, veränderte sich das Klima, die Luft wurde gemäßigt, und die Frische nahm zu, je weiter wir vorwärts kamen."

Diese Stelle, welche durch mehrere andere in den Schriften des Kolumbus erläutert wird, enthält Ansichten der physischen Erdkunde, Bemerkungen über den Einfluß der geographischen Länge auf die Abweichung der Magnetnadel, über die Inflexion der isothermen Linien zwischen den Westküsten des alten und den Ostküsten des neuen Kontinents, über die Lage der großen Sargassobank in dem Becken des Atlantischen Meeres, und die Beziehungen, in welchen dieser Meeresstrich zu dem über ihm liegenden Teile der Atmosphäre steht. Irrige Beobachtungen der Bewegung des Polarsternes in der Nähe der azorischen Inseln hatten Kolumbus schon auf der ersten Reise, bei der Schwäche seiner mathematischen Kenntnisse, zu dem Glauben an eine Unregelmäßigkeit in der Kugelgestalt der Erde verführt. In der westlichen Hemisphäre ist nach ihm „die Erde angeschwollener, die Schiffe gelangen allmählich in größere Nähe des Himmels, wenn sie an den Meeresstrich (raya) kommen, wo die Magnetnadel nach dem wahren Norden weist; eine solche Erhöhung (cuesta) ist die Ursache der kühleren Temperatur". Der feierliche Empfang des Admirals in Barcelona war im April 1493, und schon am 4. Mai desselben

Jahres wird jene berühmte Bulle, welche die Demarkationslinie[165] zwischen dem spanischen und portugiesischen Besitzrechte in einer Entfernung von 100 Meilen westlich von den Azoren „auf ewige Zeiten" feststellt, vom Papste Alexander VI. unterzeichnet. Wenn man dazu erwägt, daß Kolumbus gleich nach seiner Rückkehr von der ersten Entdeckungsreise die Absicht hatte, selbst nach Rom zu gehen, um, wie er sagt, „dem Papste über alles, was er entdeckt, Bericht abzustatten", wenn man der Wichtigkeit gedenkt, welche die Zeitgenossen des Kolumbus auf die Auffindung der magnetischen Kurve ohne Abweichung legten, so kann man wohl eine von mir zuerst aufgestellte historische Behauptung gerechtfertigt finden, die Behauptung, daß der Admiral in dem Augenblicke der höchsten Hofgunst daran gearbeitet hat, „die physische Abgrenzungslinie in eine politische verwandeln zu lassen".

Der Einfluß, welchen die Entdeckung von Amerika und die damit zusammenhängenden ozeanischen Unternehmungen so schnell auf das gesamte physikalische und astronomische Wissen ausgeübt haben, wird am lebendigsten fühlbar gemacht, wenn man an die frühesten Eindrücke der Zeitgenossen und an den weiten Umfang wissenschaftlicher Bestrebungen erinnert, von denen der wichtigere Teil in die erste Hälfte des 16. Jahrhunderts fällt. Christoph Kolumbus hat nicht allein das unbestreitbare Verdienst, zuerst eine Linie ohne magnetische Abweichung entdeckt, sondern auch durch seine Betrachtungen über die fortschreitende Zunahme der westlichen Abweichung, indem er sich von jener Linie entfernte, das Studium des Erdmagnetismus in Europa zuerst angeregt zu haben. Daß meist überall die Endspitzen einer sich frei bewegenden Magnetnadel nicht genau nach dem geographischen Nord- und Südpol hinweisen, würde zwar in dem Mittelländischen Meere und an allen Orten, wo im 12. Jahrhundert die Abweichung 8 bis 12 Grade betrug, auch bei einer großen Unvollkommenheit der Instrumente leicht mehrfach erkannt worden sein. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß die Araber oder die Kreuzfahrer, die mit dem Orient von 1096 bis 1270 in Berührung standen, indem sie den Gebrauch der chinesischen und indischen Seekompasse verbreiteten, zugleich auch damals schon auf die Nordost- und Nordwestweisung in verschiedenen Weltgegenden wie auf eine längst erkannte Erscheinung aufmerksam machten. Wir wissen nämlich bestimmt aus dem chinesischen Penthsaoyan, welches unter der Dynastie der Song[166] zwischen

1111 und 1117 geschrieben ist, daß man damals die Quantität der westlichen Abweichung längst zu messen verstand, was dem Kolumbus gehört, ist nicht die erste Beobachtung der Existenz der Abweichung (letztere findet sich z. B. schon auf der Karte von Andrea Bianco 1436 angegeben), sondern die Bemerkung, welche er am 13. September 1492 machte, „daß 2½° östlich von der Insel Corvo die magnetische Variation sich verändert, daß sie von NO nach NW überging".

Diese Entdeckung einer magnetischen Linie ohne Abweichung bezeichnet einen denkwürdigen Zeitpunkt in der nautischen Astronomie. Sie wird mit gerechtem Lobe von Oviedo, las Casas und Herrera gefeiert. Wenn man dieselbe mit Livio Sanuto dem berühmten Seemann Sebastian Cabot zuschreibt, so vergißt man, daß dessen erste, auf Kosten einiger Kaufleute von Bristol unternommene und durch die Berührung des Festlandes von Amerika gekrönte Reise um fünf Jahre später fällt als die erste Expedition des Kolumbus.[167] Dieser aber hat nicht bloß das Verdienst gehabt, im Atlantischen Ozeane eine Gegend aufgefunden zu haben, in welcher damals der magnetische Meridian mit dem geographischen zusammenfiel; er machte zugleich auch die sinnreiche Bemerkung, daß die magnetische Abweichung mit dazu dienen könne, den Ort des Schiffes in Hinsicht auf dessen Länge zu bestimmen. In dem Journal der zweiten Reise (April 1496) sehen wir den Admiral sich wirklich nach der beobachteten Abweichung orientieren. Die Schwierigkeiten, welche dieser Längenmethode besonders da entgegenstehen, wo die magnetischen Abweichungskurven sich so beträchtlich krümmen, daß sie nicht der Richtung der Meridiane, sondern in großen Strecken der der Parallele folgen, waren freilich damals noch unbekannt. Magnetische und astronomische Methoden wurden ängstlich gesucht, um auf Land und Meer die Punkte zu bestimmen, welche von der ideal aufgestellten Demarkationslinie durchschnitten werden. Die Wissenschaft und der unvollkommene Zustand aller auf dem Meere zu brauchender, raum- und zeitmessender Instrumente waren 1493 der praktischen Lösung einer so schwierigen Aufgabe noch nicht gewachsen. Unter diesen Verhältnissen leistete Papst Alexander VI., indem er den Uebermut hatte, eine Erdhälfte unter zwei mächtige Reiche zu teilen, ohne es zu wissen, gleichzeitig wesentliche Dienste der astronomischen Nautik und der physikalischen Lehre vom Erdmagnetismus. Auch wurden die Seemächte von da an mit einer Unzahl

unausführbarer Vorschläge bedrängt. Sebastian Cabot (so berichtet sein Freund Richard Eden) rühmte sich noch auf seinem Sterbebette, daß ihm „durch göttliche Offenbarung eine untrügliche Methode mitgeteilt worden sei, die geographische Länge zu finden". Diese Offenbarung war der feste Glaube an die mit den Meridianen sich regelmäßig und schnell verändernde magnetische Abweichung. Der Kosmograph Alonso de Santa Cruz, einer der Lehrer des Kaisers Karl V., unternahm es, die erste allgemeine Variationskarte[168] zu entwerfen, schon um das Jahr 1530, also anderthalb Jahrhunderte vor Halley, freilich nach sehr unvollständigen Beobachtungen.

Von dem Fortschreiten, d. h. der Bewegung der magnetischen Linien, deren Kenntnis man gewöhnlich dem Gassendi zuschreibt, hatte selbst William Gilbert noch keine Ahnung, während früher Acosta, „durch portugiesische Seefahrer unterrichtet", auf dem ganzen Erdboden vier Linien ohne Abweichung annahm.[169] Kaum war in England durch Robert Norman 1576 die Inklinationsbussole erfunden, so rühmte sich Gilbert, mittels dieses Instrumentes in dunkler, sternloser Nacht (aëre caliginoso) den Ort des Schiffes zu bestimmen. „Ich habe, auf eigene Beobachtungen in der Südsee gestützt, gleich nach meiner Rückkehr nach Europa gezeigt, wie unter gewissen Lokalverhältnissen, z. B. an den Küsten von Peru in der Jahreszeit der beständigen Nebel (garua), aus der Inklination die Breite mit einer für die Bedürfnisse der Schiffahrt hinreichenden Genauigkeit bestimmt werden kann. Es ist hier bei diesen Einzelheiten in der Absicht verweilt worden, um an der gründlichen Betrachtung eines wichtigen kosmischen Gegenstandes zu zeigen, wie (wenn man die Messung der Intensität der magnetischen Kraft und der stündlichen Veränderungen der Deklination abrechnet) im 16. Jahrhundert schon alles zur Sprache kam, was die Physiker noch heute beschäftigt. Auf der merkwürdigen Karte von Amerika, welche der römischen Ausgabe der Geographie des Ptolemäus vom Jahre 1508 beigefügt ist, findet sich nördlich von Gruentlant (Grönland), das als ein Teil von Asien dargestellt wird, der magnetische Pol als ein Inselberg verzeichnet. Martin Cortes in dem Breve Compendio de la Sphera (1545) und Livio Zanuto in der Geographia di Tolomeo (1588) setzen ihn südlicher. Letzterer nährte schon das, leider! noch bis in die neuere Zeit verbreitete Vorurteil, daß, „wenn man so glücklich

wäre, den magnetischen Pol (il calamitico) selbst zu erreichen, man dort alcun miracoloso stupendo effetto erleben würde".

In dem Gebiete der Wärmeverteilung und Meteorologie war schon am Ende des 15. und in dem Anfange des 16. Jahrhunderts die Aufmerksamkeit gerichtet auf die mit westlicher geographischer Länge abnehmende Wärme[170] (auf die Krümmung der isothermen Linien), auf das von Bacon von Verulam verallgemeinerte Drehungsgesetz der Winde, auf die Abnahme der Luftfeuchtigkeit und Regenmenge durch Zerstörung der Waldungen,[171] auf die mit der zunehmenden Höhe über dem Meeresspiegel sich vermindernde Temperatur und auf die untere Grenze des ewigen Schnees. Daß diese Grenze Funktion der geographischen Breite ist, wurde zuerst von Petrus Martyr Anghiera 1510 erkannt. Alonso de Hojeda und Amerigo Vespucci hatten die Schneeberge von Santa Marta (Tierras nevadas de Citarma) bereits 1500 gesehen, Rodrigo Bastidas und Juan de la Cosa untersuchten sie mehr in der Nähe 1501; aber erst nach den Nachrichten, welche der Pilot Juan Vespucci, Neffe des Amerigo, seinem Beschützer und Freunde Anghiera über die Expedition des Colmenares mitteilte, bekam die an dem Gebirgsufer des Antillischen Meeres sichtbare tropische Schneeregion eine große, man möchte sagen, eine kosmische Bedeutung. Die untere Schneegrenze wurde nun mit allgemeinen Verhältnissen der Wärmeabnahme und der Verschiedenheit der Klimate in Verbindung gesetzt. Herodot in seinen Untersuchungen über das Steigen des Nils hatte (II, 22) die Existenz der Schneeberge südlich vom Wendekreise des Krebses gänzlich geleugnet. Alexanders Heerzüge führten die Griechen zwar zu den Nevados des Hindu-Khu (ὄρη ἀχάνιτα), aber diese liegen zwischen 34° und 36° nördlicher Breite. Die einzige, von Physikern sehr unbeachtete Angabe von „Schnee in der Aequatorialzone", die ich vor der Entdeckung von Amerika und vor dem Jahre 1500 kenne, ist in der berühmten Inschrift von Adulis enthalten, welche von Niebuhr für jünger als Juba und August gehalten wurde. Die gewonnene Erkenntnis der Abhängigkeit der unteren Schneegrenze von dem Polarabstande des Ortes,[172] die erste Einsicht in das Gesetz der senkrecht abnehmenden Wärme und die dadurch bedingte Senkung einer ungefähr gleich kalten oberen Luftschicht vom Aequator gegen die Pole hin bezeichnen einen nicht unwichtigen Zeitpunkt in der Geschichte unseres physikalischen Wissens.

Begünstigten dieses Wissen zufällige, ihrem Ursprunge nach ganz unwissenschaftliche Beobachtungen in den plötzlich erweiterten Naturkreisen, so blieb dagegen dem Zeitalter, das wir schildern, eine andere Begünstigung, die einer rein scientifischen Anregung, durch das Mißgeschick sonderbarer Verhältnisse entzogen. Der größte Physiker des 15. Jahrhunderts, welcher mit ausgezeichneten mathematischen Kenntnissen den bewundernswürdigsten Tiefblick in die Natur verband, Leonardo da Vinci, war der Zeitgenosse des Kolumbus; er starb drei Jahre nach ihm. Die Meteorologie hatte den ruhmgekrönten Künstler ebensoviel als die Hydraulik und Optik beschäftigt. Er wirkte bei seinem Leben durch die großen Werke der Malerei, welche er schuf, und durch seine begeisterte Rede, nicht durch Schriften. Wären die physischen Ansichten des Leonardo da Vinci nicht in seinen Manuskripten vergraben geblieben, so würde das Feld der Beobachtung, welches die Neue Welt darbot, schon vor der großen Epoche von Galilei, Pascal und Huygens in vielen Teilen wissenschaftlich bearbeitet worden sein. Wie Francis Bacon, und ein volles Jahrhundert vor diesem, hielt er die Induktion für die einzig sichere Methode in der Naturwissenschaft; dobbiamo cominciare dall' esperienza, e per mezzo di questa scoprirne la ragione.[173]

So wie nun, selbst bei dem Mangel messender Instrumente, klimatische Verhältnisse in den tropischen Gebirgsländern, durch Verteilung der Wärme, Extreme der Lufttrockenheit und Frequenz elektrischer Explosionen, in den Schriften über die ersten Landreisen häufig besprochen wurden, so faßten auch sehr früh die Seefahrer richtige Ansichten von der Direktion und Schnelligkeit von Strömungen, die, Flüssen von sehr veränderlicher Breite vergleichbar, den Atlantischen Ozean durchsetzen. Der eigentliche Aequatorialstrom, die Bewegung der Wasser zwischen den Wendekreisen, ist zuerst von Kolumbus beschrieben worden. Es drückt sich derselbe auf das bestimmteste und in großer Allgemeinheit in seiner dritten Reise aus. „Die Wasser bewegen sich con los cielos (wie das Himmelsgewölbe) von Osten nach Westen." Selbst die Richtung einzeln schwimmender Massen von Seetang[174] bekräftigen diesen Glauben. Eine kleine Pfanne von leichtem Eisenblech, welche er in den Händen der Eingeborenen der Insel Guadalupe fand, leitete Kolumbus auf die Vermutung, daß sie europäischen Ursprungs und aus den Trümmern eines gescheiterten Schiffes entlehnt sein könnte, welche die Aequatorialströmung von den

iberischen Küsten nach den amerikanischen geführt hätte. In seinen geognostischen Phantasieen hielt er die Existenz der Inselreihe der kleinen Antillen, wie die eigentümliche Gestaltung der großen, d. i. die Uebereinstimmung der Richtung ihrer Küsten mit der der Breitenparallele, für die lange Wirkung der ost-westlichen Meeresbewegung zwischen den Wendekreisen.

Als auf seiner vierten und letzten Reise der Admiral die nord-südliche Richtung der Küsten des Kontinentes vom Vorgebirge Gracias á Dios bis zur Laguna de Chiriqui erkannte, fühlte er die Wirkungen der heftigen Strömung, welche nach N und NNW treibt und eine Folge des Stoßes des ost-westlichen Aequatorialstromes gegen die dammartig vorliegende Küste ist. Anghiera überlebte den Kolumbus lange genug, um die Ablenkung der Atlantischen Gewässer in ihrem ganzen Zusammenhange aufzufassen, um den Wirbel in dem Golf von Mexiko und die Fortpflanzung der Bewegung bis zu der Tierra de los Bacallaos (Neufundland) und der Mündung des St. Lorenzflusses zu erkennen. Ich habe an einem anderen Orte umständlich entwickelt, wieviel die Expedition des Ponce de Leon im Jahre 1512 zur genaueren Feststellung der Ideen beigetragen hat, und daß man in einer von Sir Humphrey Gilbert zwischen 1567 und 1576 geschriebenen Abhandlung die Bewegung der Gewässer des Atlantischen Meeres von dem Vorgebirge der guten Hoffnung bis zur Bank von Neufundland nach Ansichten behandelt findet, welche mit denen meines vortrefflichen dahingeschiedenen Freundes, des Major Rennell, fast ganz übereinstimmen.

Mit der Kenntnis der Strömungen verbreitete sich auch die der großen Bänke von Seetang (Fucus natans), der ozeanischen Wiesen, welche das merkwürdige Schauspiel der Zusammenhäufung einer geselligen Pflanze auf einem Raume darbieten, dessen Flächeninhalt fast siebenmal den von Frankreich übertrifft. Die große Fucusbank, das eigentliche Mar de Sargasso, breitet sich aus zwischen 19° und 34° nördlicher Breite. Ihre Hauptachse liegt ungefähr 7° westlich von der Insel Corvo. Die kleine Fucusbank fällt dagegen in den Raum zwischen den Bermuden und den Bahama-Inseln. Winde und partielle Strömungen wirken nach Verschiedenheit der Jahre auf die Lage und den Umfang dieser atlantischen Tangwiesen, deren erste Beschreibung wir dem Kolumbus verdanken. Kein anderes Meer beider Hemi-

sphären zeigt in ähnlicher Größe diese Gruppierung geselliger Pflanzen.[175]

Aber die wichtige Zeitepoche der Entdeckungen im Erdraume, die plötzliche Eröffnung einer unbekannten Erdhälfte hat auch die Ansicht der Welträume oder, wie ich mich bestimmter ausdrücken sollte, des scheinbaren Himmelsgewölbes erweitert. Weil der Mensch, nach einem schönen Ausdruck des elegischen Garcilaso de la Vega, in der Wanderung nach fernen Ländern (unter verschiedenen Breitengraden) „Land und Gestirne" gleichzeitig sich ändern sieht,[176] so mußte das Vordringen zum Aequator an beiden Küsten von Afrika und bis über die Südspitze des neuen Kontinentes den Seefahrern und Landreisenden jetzt länger und öfter das prachtvolle Schauspiel der südlichen Sternbilder vorführen, als es zu den Zeiten des Hiram und der Ptolemäer, zu der der römischen Weltherrschaft und des arabischen Handelsverkehrs im Roten Meere oder in dem Indischen Ozean zwischen der Straße Bab-el-Mandeb und der westlichen Halbinsel Indiens geschehen konnte. Amerigo Vespucci in seinen Briefen, Vicente Yañez Pinzon, Pigafetta, der Magelhaens' und Elcanos Begleiter war, haben, wie Andrea Corsali auf der Fahrt nach Cochin in Ostindien, in dem Anfange des 16. Jahrhunderts die ersten und lebendigsten Anschauungen des südlichen Himmels (jenseits der Füße des Kentauren und des herrlichen Sternbildes des Schiffes Argo) geliefert. Amerigo, litterarisch gelehrter, aber auch ruhmredriger als die anderen, preist nicht ohne Anmut die Lichtfülle, die malerische Gruppierung und den fremdartigen Anblick von Gestirnen, die um den sternarmen Südpol kreisen. Er behauptet in seinem Briefe an Pierfrancesco de' Medici, daß er sich auf seiner dritten Seefahrt sorgfältig mit den südlichen Konstellationen beschäftigt, den Polarabstand der hauptsächlichsten gemessen und sie gezeichnet habe. Was er davon mitteilt, läßt freilich den Verlust jener Messungen leicht verschmerzen.

Die rätselhaften schwarzen Flecke (Kohlensäcke) finde ich zuerst von Anghiera im Jahre 1510 beschrieben. Sie waren schon 1499 von den Begleitern des Vicente Yañez Pinzon bemerkt worden auf der Expedition, die von Palos auslief und Besitz von dem brasilianischen Kap San Augustin nahm. Der Canopo fosco (Canopus niger) des Amerigo ist wahrscheinlich auch einer der coalbags. Der scharfsinnige Acosta vergleicht sie mit dem verfinsterten Teile der Mondscheibe (in

partieller Finsternis) und scheint sie einer Leerheit im Himmelsraume, einer Abwesenheit von Sternen zuzuschreiben. Rigaud hat gezeigt, wie ein berühmter Astronom die Kohlensäcke, von denen Acosta bestimmt sagt, daß sie in Peru (nicht in Europa) sichtbar sind und wie andere Sterne sich um den Südpol bewegen, für die erste Angabe von Sonnenflecken gehalten hat. Die Kenntnis der beiden Magelhaensschen Wolken wird mit Unrecht dem Pigafetta zugeschrieben. Ich finde, daß Anghiera, gestützt auf die Beobachtungen portugiesischer Seefahrer, dieser Wolken schon acht Jahre vor der Beendigung der Magelhaensschen Weltumschiffung erwähnt. Er vergleicht ihren milden Glanz mit dem der Milchstraße. Der Scharfsinnigkeit der Araber scheint aber die große Wolke nicht entgangen zu sein. Sie ist sehr wahrscheinlich der weiße Ochse, el Bakar, ihres südlichen Himmels, d. h. der weiße Flecken, von dem der Astronom Abdurrahman Sofi sagt, daß man ihn nicht in Bagdad, nicht im nördlichen Arabien, wohl aber im Tehama und im Parallel der Meerenge Bab-el-Mandeb sehen kann. Griechen und Römer sind denselben Weg unter den Lagiden und später gewandert, und haben nichts bemerkt oder wenigstens in auf uns gekommenen Schriften nichts aufgezeichnet über eine Lichtwolke, welche doch unter 11° bis 12° nördlicher Breite, zu der Zeit des Ptolemäus sich 3°, zu der des Abdurrahman im Jahre 1600 zu mehr als 4° über den Horizont erhob.[177] Jetzt kann die Meridianhöhe der Mitte der Nubecula major bei Aden 5° erreichen. Wenn Seefahrer die Magelhaensschen Wolken gewöhnlich erst in weit südlicheren Breiten, dem Aequator nahe oder gar südlich von demselben, deutlich erkennen, so liegt der Grund davon wohl in der Beschaffenheit der Atmosphäre und den weißes Licht reflektierenden Dünsten am Horizont. Im südlichen Arabien muß im Inneren des Landes die dunkle Bläue des Himmelsgewölbes und die große Trockenheit der Luft das Erkennen der Magelhaensschen Wolken begünstigen. Beispiele von der Sichtbarkeit von Kometenschweifen am hellen Tage zwischen den Wendekreisen und in sehr südlichen Breiten sprechen dafür.

Die Einreihung der dem antarktischen Pole nahen Gestirne in neue Sternbilder gehört dem 17. Jahrhundert an. Was die holländischen Seefahrer Petrus Theodori von Emden und Friedrich Houtman, der (1596—1599) ein Gefangener des Königs von Bantam und Atschin auf Java und Sumatra war, mit unvollkommenen Instrumenten beobachteten, wurde

in die Himmelskarten von Hondius Blaeuw (Jansonius-Caesius) und Bayer eingetragen.

Der an zusammengedrängten Nebelflecken und Sternschwärmen so reichen Zone des südlichen Himmels zwischen den Parallelkreisen von 50° und 80° gibt die ungleichmäßigere Verteilung der Lichtmassen einen eigentümlichen, man möchte sagen landschaftlichen Charakter; einen Reiz, der aus der Gruppierung der Sterne erster und zweiter Größe und ihrer Trennung durch Regionen hervorgeht, welche dem bloßen Auge verödet und glanzlos erscheinen. Diese sonderbaren Kontraste, die mehrfach in ihrem Laufe heller aufloderude Milchstraße, die isoliert kreisenden, abgerundeten Magelhaensschen Lichtwolken und die Kohlensäcke, von denen der größere einer schönen Konstellation so nahe liegt, vermehren die Mannigfaltigkeit des Naturbildes; sie fesseln die Aufmerksamkeit empfänglicher Beschauer an einzelne Regionen in der äußersten Hälfte des südlichen Himmelsgewölbes. Eine dieser Regionen ist seit dem Anfang des 16. Jahrhunderts durch besondere, zum Teil religiöse Beziehungen sowohl christlichen Seefahrern in den tropischen und südlicheren Meeren wie christlichen Missionären in beiden Indien wichtig geworden: es ist die des *südlichen Kreuzes*. Die vier Hauptsterne, welche es bilden, werden im Almagest, also in den Epochen des Hadrian und Antonins des Frommen, den Hinterfüßen des Sternbildes des Kentauren beigezählt. Es darf fast wunder nehmen, da die Gestaltung des Kreuzes so auffallend ist und sich merkwürdig absondernd *individualisiert*, wie in dem großen und kleinen Wagen (den Bären), im Skorpion, in der Kassiopeia, im Adler, im Delphin, daß jene vier Sterne nicht früher von dem mächtigen alten Sternbilde des Kentauren getrennt worden sind; es muß es um so mehr, als der Perser Kazwini und andere mohammedanische Astronomen aus dem Delphin und Drachen eigene *Kreuze* mit Mühe zusammensetzten. Ob höfische Schmeichelei alexandrinischer Gelehrten, welche den Canopus in ein *Ptolemäon* umgewandelt, auch die Gestirne unseres jetzigen südlichen Kreuzes, zur Verherrlichung des Augustus, „an einen in Italien nie sichtbaren Caesaris thronon" geheftet hatte, bleibt ziemlich ungewiß. Zur Zeit des Claudius Ptolemäus erreichte der schöne Stern am Fuß des südlichen Kreuzes bei seinem Durchgang durch den Meridian in Alexandrien noch 6° 10′ Höhe, während er jetzt daselbst mehrere Grade unter dem Horizonte kulminiert. Um gegen-

wärtig (1847) α Crucis in 6° 10′ Höhe zu sehen, müßte man mit Rücksicht auf Strahlenbrechung sich 10° südlich von Alexandrien, in 21° 43′ nördlicher Breite, befinden. Auch die christlichen Einsiedler in der Thebaide können im 4. Jahrhundert das Kreuz noch in 10° Höhe gesehen haben. Ich zweifle indes, daß von ihnen seine Benennung herrühre; denn Dante in der berühmten Stelle des Purgatorio:

> Io mi volsi a man destra, e posi mente
> All' altro polo, e vidi quattro stelle
> Non viste mai fuor ch' alla prima gente

und Amerigo Vespucci, welcher dieser Stelle in seiner dritten Reise bei dem Anblick des gestirnten südlichen Himmels zuerst gedachte, ja sich rühmte „die vier nur von dem ersten Menschenpaar gesehenen Sterne nun selbst zu schauen," kennen die Benennung des Südkreuzes noch nicht. Amerigo sagt ganz einfach: die vier Sterne bilden eine rhomboidale Figur, una mandorla; und diese Bemerkung ist vom Jahre 1501. Je mehr die Seereisen auf den durch Gama und Magelhaens eröffneten Wegen sich um das Vorgebirge der guten Hoffnung und durch die Südsee vervielfältigten und christliche Missionäre in den neuentdeckten Tropenländern Amerikas vordrangen, desto mehr nahm der Ruf jenes Sternbildes zu. Ich finde es zuerst als ein Wunderkreuz (croce maravigliosa), „herrlicher als alle Konstellationen des ganzen Himmels", von dem Florentiner Andrea Corsali (1517), später (1520) auch von Pigafetta genannt. Der beleseneren Florentiner rühmt Dantes prophetischen Geist; als hätte der große Dichter nicht ebensoviel Erudition wie Schöpfungsgabe besessen, als hätte er nicht arabische Sterngloben gesehen und mit vielen orientalischen Reisenden aus Pisa verkehrt.[178] Daß in den spanischen Niederlassungen im tropischen Amerika die ersten Ansiedler sich gern, wie noch jetzt, der verschiedentlich geneigten oder senkrechten Stellung des südlichen Kreuzes als einer Himmelsuhr bedienten, bemerkt schon Acosta in seiner Historia natural y moral de las Indias.[179]

Durch das Vorrücken der Nachtgleichen verändert sich an jedem Punkte der Erde der Anblick des gestirnten Himmels. Das alte Menschengeschlecht hat im hohen Norden prachtvolle südliche Sternbilder aufsteigen sehen, welche, lange unsichtbar, erst nach Jahrtausenden wiederkehren werden. Canopus war schon zur Zeit des Kolumbus zu Toledo (Br. 39° 54′) voll

1° 20′ unter dem Horizont von Cadiz. Für Berlin und die nördlichen Breiten überhaupt sind die Sterne des südlichen Kreuzes, wie α und β des Kentauren, mehr und mehr im Entfernen begriffen, während sich die Magelhaensschen Wolken unseren Breiten langsam nähern. Canopus ist in dem verflossenen Jahrtausend in seiner größten nördlichen Annäherung gewesen, und geht jetzt, doch überaus langsam wegen seiner Nähe am Südpol der Ekliptik, immer mehr südlich. Das Kreuz fing in 52½° nördlicher Breite an unsichtbar zu werden 2900 Jahre vor unserer Zeitrechnung; da dieses Sternbild, nach Galle, sich vorher auf mehr als 10° Höhe hatte erheben können. Als es an dem Horizont unserer baltischen Länder verschwand, stand in Aegypten schon ein halbes Jahrtausend die große Pyramide des Cheops. Das Hirtenvolk der Hyksos machte seinen Einfall 700 Jahre später. Die Vorzeit tritt uns scheinbar näher, wenn man ihr Maß an denkwürdige Ereignisse knüpft.

Gleichzeitig mit der Erweiterung einer mehr beschaulichen als wissenschaftlichen Kenntnis der Himmelsräume waren die Fortschritte in der nautischen Astronomie, d. h. in der Vervollkommnung der Methoden, den Ort des Schiffes (seine geographische Breite und Länge) zu bestimmen. Alles, was in dem Laufe der Zeiten diese Fortschritte der Schiffahrtskunde hat begünstigen können, der Kompaß und die sichere Ergründung der magnetischen Abweichung, die Messung der Geschwindigkeit durch die sorgfältigere Vorrichtung des Logs wie den Gebrauch der Chronometer und Mondabstände, die bessere Konstruktion der Fahrzeuge, die Ersetzung der Kräfte des Windes durch eine andere Kraft, vor allem aber die geschickte Anwendung der Astronomie auf die Schiffsrechnung, darf als kräftige Mittel betrachtet werden zur Erschließung der gesamten Erdräume, zur beschleunigten Belebung des Weltverkehrs, zur Ergründung kosmischer Verhältnisse. Diesen Standpunkt auffassend, erinnern wir hier von neuem daran, wie schon in der Mitte des 13. Jahrhunderts in der Marine der Katalanen und der Insel Majorca „nautische Instrumente üblich waren, um die Zeit durch Sternhöhen zu finden", und wie das von Raimundus Lullus in seiner Arte de Navegar beschriebene Astrolabium fast zweihundert Jahre älter ist als das des Martin Behaim. Die Wichtigkeit der astronomischen Methoden wurde in Portugal so lebhaft anerkannt, daß gegen das Jahr 1484 Behaim zum Präsidenten einer

„Junta de Mathematicos" ernannt wurde, welche Tafeln der Deklination der Sonne berechnen und, wie Barros sagt, die Piloten lehren sollte die maneira de navegar per altura do Sol. Von dieser Schiffahrt „nach den Meridianhöhen der Sonne" wurde damals schon scharf die Schiffahrt per la altura del Este-Oeste, d. h. durch Längenbestimmungen unterschieden.

Das Bedürfnis, die Lage der päpstlichen Demarkationslinie, und so in dem neu entdeckten Brasilien und den südindischen Inseln die Grenze zwischen dem rechtmäßigen Besitze der portugiesischen und spanischen Krone aufzufinden, vermehrte, wie wir schon oben bemerkt, den Drang nach praktischen Längenmethoden. Man fühlte, wie selten die alte unvollkommene hipparchische Methode der Mondfinsternisse anzuwenden sei; und der Gebrauch der Monddistanzen wurde schon 1514 von dem Nürnberger Astronomen Johann Werner, und bald nachher von Orontius Finäus und Gemma Frisius anempfohlen. Leider mußte aber diese Methode lange unanwendbar bleiben, bis, nach den vielen vergeblichen Versuchen mit den Instrumenten von Peter Apianus (Bienewitz) und Alonso de Santa Cruz, durch Newtons Scharfsinn (1700) der Spiegelsextant erfunden und durch Hadley (1731) unter die Seefahrer verbreitet wurde.

Der Einfluß der arabischen Astronomen wirkte von Spanien aus auch auf die Fortschritte der nautischen Astronomie. Man versuchte freilich zur Längenbestimmung vieles, das nicht gelang, und die Schuld des Nichtgelingens wurde seltener auf die Unvollkommenheit der Beobachtung als auf Druckfehler in den astronomischen Ephemeriden des Regiomontanus geschoben, deren man sich bediente. Die Portugiesen verdächtigten sogar die Ergebnisse der astronomischen Angaben der Spanier, deren Tafeln aus politischen Gründen verfälscht sein sollten. Das auf einmal erwachte Bedürfnis nach den Hilfsmitteln, welche die nautische Astronomie wenigstens theoretisch verhieß, spricht sich besonders lebhaft aus in den Reiseberichten des Kolumbus, Amerigo Vespucci, Pigafetta und Andres de San Martin, des berühmten Piloten der Magelhaensschen Expedition, der die Längenmethoden des Ruy Falero besaß. Oppositionen der Planeten, Sternbedeckungen, Höhendifferenzen zwischen dem Monde und Jupiter, Veränderungen der Deklination des Mondes wurden mit mehr oder wenigerem Erfolge versucht. Wir besitzen Konjunktionsbeobachtungen von Kolumbus in der Nacht des 13. Januar 1493 aus Hayti. Die Not-

wendigkeit, einen eigenen, wohlunterrichteten Astronomen jeder großen Expedition beizugeben, wurde so allgemein gefühlt, daß die Königin Isabella dem Kolumbus am 5. Sept. 1493 schreibt: „Ob er gleich in seinem Unternehmen bewiesen habe, daß er mehr wisse als irgend ein sterblicher Mensch (que ninguno de los nacidos), so rate ich ihm doch, den Fray Antonio de Marchena, als einen gelehrten und fügsamen Sternkundigen, mit sich zu nehmen." Kolumbus sagt in der Beschreibung seiner vierten Reise: „Es gibt nur eine untrügliche Schiffsrechnung, die der Astronomen. Wer diese versteht, kann zufrieden sein. Was sie gewährt, gleicht einer vision profetica.[180] Unsere unwissenden Piloten, wenn sie viele Tage die Küste aus den Augen verloren haben, wissen nicht, wo sie sind. Sie würden die Länder nicht wiederfinden, die ich entdeckt. Zum Schiffen gehört Compas y arte, die Bussole und das Wissen, die Kunst der Astronomen."

Ich habe diese charakteristischen Einzelheiten erwähnt, weil sie anschaulicher machen, wie die nautische Sternkunde, das mächtige Werkzeug der Sicherung der Schiffahrt und durch diese Sicherung das Mittel der erleichterten Zugänglichkeit zu allen Erdräumen, in dem hier geschilderten Zeitabschnitt die erste Entwickelung empfing; wie in der allgemeinen Bewegung der Geister früh die Möglichkeit von Methoden erkannt wurde, die erst nach Vervollkommnung der Uhren, der winkelmessenden Instrumente und der Sonnen- und Mondtafeln von ausgebreiteter praktischer Anwendung sein konnten. Wenn der Charakter eines Jahrhunderts „die Offenbarung des menschlichen Geistes in einer bestimmten Zeitepoche" ist, so hat das Jahrhundert des Kolumbus und der großen nautischen Entdeckungen, indem es auf eine unerwartete Weise die Objekte des Wissens und der Anschauungen vermehrte, auch den folgenden Jahrhunderten einen neuen und höheren Schwung gegeben. Es ist die Eigentümlichkeit wichtiger Entdeckungen, daß sie zugleich den Kreis der Eroberungen und die Aussicht in das Gebiet, das noch zu erobern übrig bleibt, erweitern. Schwache Geister glauben in jeder Epoche wohlgefällig, daß die Menschheit auf den Kulminationspunkt intellektueller Fortschritte gelangt sei; sie vergessen, daß durch die innige Verkettung aller Naturerscheinungen, in dem Maße als man vorschreitet, das zu durchlaufende Feld eine größere Ausdehnung gewinnt, daß es von einem Gesichtskreise begrenzt ist, der unaufhörlich vor dem Forscher zurückweicht.

Wo hat die Geschichte der Völker eine Epoche aufzuweisen, der gleich, in welcher die folgenreichsten Ereignisse: die Entdeckung und erste Kolonisation von Amerika, die Schiffahrt nach Ostindien um das Vorgebirge der guten Hoffnung und Magelhaens' erste Erdumsegelung, mit der höchsten Blüte der Kunst, mit dem Erringen geistiger, religiöser Freiheit und der plötzlichen Erweiterung der Erd- und Himmelskunde zusammentrafen? Eine solche Epoche verdankt einen sehr geringen Teil ihrer Größe der Ferne, in der sie uns erscheint, dem Umstand, daß sie ungetrübt von der störenden Wirklichkeit der Gegenwart nur in der geschichtlichen Erinnerung auftritt. Wie in allen irdischen Dingen, ist auch hier des Glückes Glanz mit tiefem Weh verschwistert gewesen. Die Fortschritte des kosmischen Wissens wurden durch alle Gewaltthätigkeiten und Greuel erkauft, welche die sogenannten civilisierenden Eroberer über den Erdball verbreiten. Es ist aber eine unverständig vermessene Kühnheit, in der unterbrochenen Entwickelungsgeschichte der Menschheit über das Abwägen von Glück und Unglück dogmatisch zu entscheiden. Es gezieмt dem Menschen nicht, Weltbegebenheiten zu richten, welche, in dem Schoße der Zeit langsam vorbereitet, nur teilweise dem Jahrhundert zugehören, in das wir sie versetzen.

Die erste Entdeckung des mittleren und südlichen Teils der Vereinigten Staaten von Nordamerika durch die Skandinavier ist fast gleichzeitig mit der Erscheinung und dem geheimnisvollen Auftreten von Manco Capac in dem Hochlande von Peru, sie ist 200 Jahre älter als die Ankunft der Azteken im Thale von Mexiko. Die Gründung der Hauptstadt (Tenochtitlan) fällt um volle 325 Jahre später. Hätten diese normännischen Kolonisationen lange dauernde Folgen gehabt, wären sie von einem mächtigen, politisch einigen Mutterlande genährt und beschützt worden, so würden die vordringenden germanischen Stämme viele unstäte Jägerhorden [181] noch da umherziehend gefunden haben, wo die spanischen Eroberer ansässige Ackerbauer fanden.

Die Zeiten der Conquista, das Ende des 15. und den Anfang des 16. Jahrhunderts, bezeichnet ein wundersames Zusammentreffen großer Ereignisse in dem politischen und sittlichen Leben der Völker von Europa. In demselben Monat, in welchem Hernan Cortes nach der Schlacht von Otumba gegen Mexiko anzog, um es zu belagern, verbrannte Martin Luther die päpstliche Bulle zu Wittenberg und begründete die

Reform, welche dem Geiste Freiheit und Fortschritte auf fast unversuchten Bahnen verhieß.[182] Früher noch traten, wie aus ihren Gräbern, die herrlichsten Gebilde der alten hellenischen Kunst hervor: der Laokoon, der Torso, der Apoll von Belvedere und die mediceische Venus. Es blüheten in Italien Michelangelo, Leonardo da Vinci, Tizian und Raffael, in unserem deutschen Vaterlande Holbein und Albrecht Dürer. Die Weltordnung war von Kopernikus aufgefunden, wenn auch nicht öffentlich verkündigt, in dem Todesjahr von Christoph Kolumbus, vierzehn Jahre nach der Entdeckung des neuen Kontinents.

Die Wichtigkeit dieser Entdeckung und der ersten Ansiedelung der Europäer berührt auch andere Sphären als die, welcher diese Blätter vorzugsweise gewidmet sind; sie gehört jenen intellektuellen und moralischen Wirkungen an, welche die plötzliche Vergrößerung der Gesamtmasse der Ideen auf die Verbesserung des gesellschaftlichen Zustandes ausgeübt hat. Wir erinnern daran, wie seit jenem großen Zeitpunkte ein neues regsameres Leben des Geistes und der Gefühle, wie mutige Wünsche und schwer enttäuschte Hoffnungen allmählich sämtliche Klassen der bürgerlichen Gesellschaft durchdrungen haben; wie die geringe Bevölkerung einer Hälfte der Erdkugel, besonders an den Europa gegenüber liegenden Küsten, die Niederlassungen von Kolonieen begünstigen konnte, welche ihre Ausdehnung und ihre Lage zu unabhängigen, in der Wahl ihrer freien Regierungsform unbeschränkten Staaten umwandelte; wie endlich die religiöse Reform, ein Vorspiel großer politischer Umwälzungen, die verschiedenen Phasen ihrer Entwickelung unter einem Himmelsstrich durchlaufen mußte, welcher der Zufluchtsort aller Glaubensmeinungen und der verschiedenartigsten Ansichten von göttlichen Dingen geworden war. Die Kühnheit des genuesischen Seefahrers ist das erste Glied in der unermeßlichen Kette dieser verhängnisvollen Begebenheiten. Zufall, nicht Betrug und Ränke,[183] haben dem Festland von Amerika den Namen des Kolumbus entzogen. Durch Handelsverkehr und Vervollkommnung der Schiffahrt seit einem halben Jahrhundert Europa näher gebracht, hat der neue Weltteil einen wichtigen Einfluß auf die politischen Institutionen, auf die Ideen und Neigungen der Völker ausgeübt, welche im Osten das scheinbar immer enger werdende Thal des Atlantischen Ozeans begrenzen.

VII.

Große Entdeckungen in den Himmelsräumen durch Anwendung des Fernrohres. — Hauptepoche der Sternkunde und Mathematik von Galilei und Kepler bis Newton und Leibniz — Gesetze der Planetenbewegung und allgemeine Gravitationstheorie.

Indem wir uns bestreben, die am meisten gesonderten Perioden und Entwickelungsstufen kosmischer Anschauung aufzuzählen, haben wir zuletzt die Periode geschildert, in welcher den Kulturvölkern der einen Erdhälfte die andere bekannt geworden ist. Auf das Zeitalter der größten Entdeckungen im Raume an der Oberfläche unseres Planeten folgt unmittelbar die Besitznahme eines beträchtlichen Teiles der Himmelsräume durch das Fernrohr. Die Anwendung eines neugeschaffenen Organes, eines Werkzeuges von raumdurchdringender Kraft ruft eine neue Welt von Ideen hervor. Es beginnt ein glänzendes Zeitalter der Astronomie und der Mathematik; für die letztere beginnt die lange Reihe tiefsinniger Forscher, welche zu dem „alles umgestaltenden" Leonhard Euler führt, dessen Geburtsjahr (1707) dem Todesjahre von Jakob Bernoulli so nahe liegt.

Wenige Namen können genügen, um an die Riesenschritte zu erinnern, welche der menschliche Geist vorzugsweise in Entwickelung mathematischer Gedanken, durch eigene innere Kraft, nicht durch äußere Begebenheiten angeregt, im Laufe des 17. Jahrhunderts gemacht hat. Die Gesetze des Falles der Körper und der Planetenbewegung werden erkannt. Der Druck der Luft, die Fortpflanzung des Lichtes, seine Brechung und Polarisation werden erforscht. Die mathematische Naturlehre wird geschaffen und auf feste Grundpfeiler gestützt. Die Erfindung der Infinitesimalrechnung bezeichnet den Schluß des Jahrhunderts, und dadurch erstarkt, hat die menschliche Intelligenz sich in den folgenden 150 Jahren mit Glück

an die Lösung von Problemen wagen können, welche die Störungen der Weltkörper, die Polarisation und Interferenz der Lichtwellen, die strahlende Wärme, die elektromagnetischen in sich zurückkehrenden Ströme, die schwingenden Saiten und Flächen, die Kapillaranziehung enger Röhren, und so viele andere Naturerscheinungen darbieten.

Die Arbeit in der Gedankenwelt geht nun ununterbrochen und sich gegenseitig unterstützend fort. Keiner der früheren Keime wird erstickt. Es nehmen gleichzeitig zu die Fülle des zu verarbeitenden Materials, die Strenge der Methoden und die Vervollkommnung der Werkzeuge. Wir beschränken uns hier hauptsächlich auf das einige 17. Jahrhundert: das Zeitalter von Kepler, Galilei und Bacon, von Tycho, Descartes und Huygens, von Fermat, Newton und Leibniz. Die Leistungen dieser Männer sind so allgemein bekannt, daß es nur leiser Andeutungen bedarf, um das herauszuheben, wodurch sie in Erweiterung kosmischer Ansichten glänzen.

Wir haben schon früher gezeigt, wie dem Auge, dem Organ sinnlicher Weltanschauung, durch die Erfindung des teleskopischen Sehens eine Macht verliehen wurde, deren Grenze noch lange nicht erreicht ist, die aber schon in ihrem ersten schwachen Anfange, bei einer kaum 32maligen Linearvergrößerung[184] der Fernröhre in die bis dahin uneröffneten Tiefen des Weltraumes drang. Die genaue Kenntnis vieler Himmelskörper, welche zu unserem Sonnensystem gehören, die ewigen Gesetze, nach denen sie in ihren Bahnen kreisen, die vervollkommnete Einsicht in den wahren Weltbau sind das Charakteristische der Epoche, welche wir hier zu schildern versuchen. Was diese Epoche hervorgebracht, bestimmt gleichsam die Hauptumrisse von dem großen *Naturbilde des Kosmos*; es fügt den neu erkannten Inhalt der *Himmelsräume*, wenigstens in einer Planetengruppe sinnig geordnet, dem früher durchforschten Inhalt der *tellurischen* Räume hinzu. Nach allgemeinen Ansichten strebend, begnügen wir uns, hier nur die wichtigsten Objekte der astronomischen Arbeiten des 17. Jahrhunderts zu nennen. Wir weisen zugleich auf den Einfluß hin, welchen diese auf eine kräftige Anregung zu großen und unerwarteten mathematischen Entdeckungen wie zu der mehr umfassenden, erhabeneren Anschauung des *Weltganzen* ausgeübt haben.

Es ist bereits früher erwähnt worden, wie das Zeitalter von Kolumbus, Gama und Magelhaens, das der nautischen

Unternehmungen, verhängnisvoll mit großen Ereignissen, mit dem Erwachen religiöser Denkfreiheit, mit der Entwickelung eines edleren Kunstsinnes und der Verbreitung des kopernikanischen Weltsystemes zusammentraf. Nikolaus Kopernikus (in zwei noch vorhandenen Briefen nennt er sich Koppernik) hatte bereits sein 21. Lebensjahr erreicht und beobachtete mit dem Astronomen Albert Brudzewski zu Krakau, als Kolumbus Amerika entdeckte. Kaum ein Jahr nach dem Tode des Entdeckers, nach einem sechsjährigen Aufenthalte in Padua, Bologna und Rom, finden wir ihn wieder in Krakau, mit gänzlicher Umwandlung der astronomischen Weltansicht beschäftigt. Durch die Gunst seines Oheims, des Bischofs von Ermland Lukas Waißelrode von Allen,[185] 1510 zum Domherrn in Frauenburg ernannt, arbeitete er dort noch 33 Jahre lang an der Vollendung seines Werkes De Revolutionibus orbium coelestium. Das erste gedruckte Exemplar wurde ihm gebracht, als, an Körper und Geist gelähmt, er sich schon zum Tode bereitete. Er sah es, berührte es auch, aber sein Sinn war nicht mehr auf das Zeitliche gerichtet; er starb nicht, wie Gassendi in dem Leben des Kopernikus erzählt, wenige Stunden,[186] sondern mehrere Tage nachher, am 24. Mai 1543. Zwei Jahre früher war aber schon ein wichtiger Teil seiner Lehre durch einen Brief eines seiner eifrigsten Schüler und Anhänger, Joachim Rhäticus, an Johann Schoner, Professor zu Nürnberg, durch den Druck bekannt geworden. Doch ist es nicht die Verbreitung des kopernikanischen Systemes, die erneuerte Lehre von einer Centralsonne (von der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde) gewesen, welche etwas mehr als ein halbes Jahrhundert nach seinem ersten Erscheinen zu den glänzenden Entdeckungen in den Himmelsräumen geführt hat, die den Anfang des 17. Jahrhunderts bezeichnen. Diese Entdeckungen sind die Folge einer zufällig gemachten Erfindung, des Fernrohres, gewesen. Sie haben die Lehre des Kopernikus vervollkommnet und erweitert. Durch die Resultate der physischen Astronomie (durch das aufgefundene Satellitensystem des Jupiter und die Phasen der Venus) bekräftigt und erweitert, haben die Grundansichten des Kopernikus der theoretischen Astronomie Wege vorgezeichnet, die zu sicherem Ziele führen mußten, ja zur Lösung von Problemen anregten, welche die Vervollkommnung des analytischen Kalküls notwendig machten. So wie Georg Peurbach und Regiomontanus (Johann Müller aus Königsberg in

Franken) wohlthätig einwirken auf Kopernikus und seine Schüler Rhäticus, Reinhold und Möstlin, so wirken diese, wenngleich der Zeit nach getrennter, auf die Arbeiten von Kepler, Galilei und Newton. Dies ist die ideelle Verkettung zwischen dem 16. und 17. Jahrhundert, und man kann die erweiterte astronomische Weltansicht in diesem nicht schildern, ohne die Anregungen zu berühren, welche aus jenem überströmen.

Es ist eine irrige und, leider! noch in neuerer Zeit sehr verbreitete Meinung, daß Kopernikus aus Furchtsamkeit und in der Besorgnis priesterlicher Verfolgung die planetarische Bewegung der Erde und die Stellung der Sonne im Centrum des ganzen Planetensystemes als eine bloße Hypothese vorgetragen habe, welche den astronomischen Zweck erfülle, die Bahn der Himmelskörper bequem der Rechnung zu unterwerfen, „aber weder wahr noch auch nur wahrscheinlich zu sein brauche". Allerdings liest man diese seltsamen Worte[187] in dem anonymen Vorbericht, mit dem des Kopernikus Werk anhebt und der De Hypothesibus hujus operis überschrieben ist; sie enthalten aber Aeußerungen, welche, dem Kopernikus ganz fremd, in geradem Widerspruch mit seiner Zueignung an den Papst Paul III. stehen. Der Verfasser des Vorberichtes ist, wie Gassendi in seinem Leben des großen Mannes auf das bestimmteste sagt, ein damals in Nürnberg lebender Mathematiker, Andreas Osiander, der mit Schoner den Druck des Buches De Revolutionibus besorgte und, ob er gleich keines biblischen Skrupels ausdrücklich Erwähnung thut, es doch für ratsam hielt, die neuen Ansichten eine Hypothese und nicht, wie Kopernikus, eine erwiesene Wahrheit zu nennen.

Der Gründer unseres jetzigen Weltsystems (die wichtigsten Teile desselben, die großartigsten Züge des Weltgemäldes gehören allerdings ihm) war durch seinen Mut und die Zuversicht, mit welcher er auftrat, fast noch ausgezeichneter als durch sein Wissen. Er verdiente in hohem Grade das schöne Lob, das ihm Kepler gibt, wenn er ihn in der Einleitung zu den Rudolfinischen Tafeln „den Mann freien Geistes" nennt; „vir fuit maximo ingenio et, quod in hoc exercitio (in der Bekämpfung der Vorurteile) magni momenti est, animo liber". Da wo Kopernikus in der Zueignung an den Papst die Entstehung seines Werkes schildert, steht er nicht an, die auch unter den Theologen allgemein verbreitete

Meinung von der Unbeweglichkeit und der Centralstellung der Erde ein „absurdes aeroama“ zu nennen und die Stupidität derer anzugreifen, welche einem so irrigen Glauben anhingen. „Wenn etwa leere Schwätzer (κατασκόποι), alles mathematischen Wissens unkundig, sich doch ein Urteil über sein Werk anmaßen wollten durch absichtliche Verdrehung irgend einer Stelle der heiligen Schrift (propter aliquem locum scripturae male ad suum propositum detortum), so werde er einen solchen verwegenen Angriff verachten! Es sei ja weltbekannt, daß der berühmte Lactantius, den man freilich nicht zu den Mathematikern zählen könne, recht kindisch (pueriliter) von der Gestalt der Erde gesprochen und diejenigen verhöhnt habe, welche sie für kugelförmig halten. Ueber mathematische Gegenstände dürfe man nur für Mathematiker schreiben. Um zu beweisen, daß er, von der Richtigkeit seiner Resultate tief durchdrungen, kein Urteil zu scheuen habe, wende er sich aus einem fernen Erdwinkel an das Oberhaupt der Kirche, auf daß es ihn vor dem Biß der Verleumder schütze, da die Kirche selbst von seinen Untersuchungen über die Jahreslänge und Mondbewegungen Vorteil ziehen werde.“ Astrologie und Kalenderverbesserung verschafften der Sternkunde lange allein Schutz bei der weltlichen und geistlichen Macht, wie Chemie und Botanik zuerst nur der Arzneimittellehre dienten.

Die kräftige, aus der innersten Ueberzeugung hervorbrechende, freie Sprache des Kopernikus widerlegt hinlänglich die alte Behauptung, er habe das System, das seinen unsterblichen Namen führt, als eine dem rechnenden Astronomen bequeme Hypothese, als eine solche, die wohl auch unbegründet sein könne, vorgetragen. „Durch keine andere Anordnung,“ sagt er begeistert, „habe ich eine so bewundernswürdige Symmetrie des Universums, eine so harmonische Verbindung der Bahnen finden können, als da ich die Weltleuchte (lucernam mundi), die Sonne, die ganze Familie kreisender Gestirne lenkend (circumagentem gubernans astrorum familiam), wie in die Mitte des schönen Naturtempels auf einen königlichen Thron gesetzt.“ [188] Auch die Idee von der allgemeinen Schwere oder Anziehung (appetentia quaedam naturalis partibus indita) gegen den Weltmittelpunkt (centrum mundi), die Sonne aus der Schwerkraft in kugelförmigen Körpern geschlossen, scheint dem großen Manne vorgeschwebt zu haben, wie eine merkwürdige Stelle [189] des 9. Kapitels im 1. Buche der Revolutionen beweist.

Wenn wir die verschiedenen Entwickelungsstufen kosmischer Anschauungen durchlaufen, so sehen wir in den frühesten Zeiten Ahnungen von Massenanziehung und Centrifugalkräften. Jacobi in seinen leider noch handschriftlichen Untersuchungen über das mathematische Wissen der Griechen verweilt mit Recht bei der „tiefen Naturbetrachtung des Anaxagoras, von dem wir nicht ohne Staunen vernehmen, daß der Mond,[190] wenn seine Schwungkraft aufhörte, zur Erde fallen würde, wie der Stein in der Schleuder". Vor ähnlichen Aeußerungen des Klazomeniers und des Diogenes von Apollonia über „Nachlassung im Umschwunge" habe ich bei Gelegenheit der Aerolithenfälle schon früher gehandelt. Von der Ziehkraft, welche das Centrum der Erde ausübt gegen alle schweren Massen, die man von demselben trennt, hatte allerdings Plato einen klareren Begriff als Aristoteles, der zwar, wie Hipparch, die Beschleunigung der Körper im Fall kannte, ohne jedoch ihren Grund richtig aufzufassen. Im Plato und bei Demokritus wird die Anziehung auf die Affinität, das Streben gleichartiger elementarer Stoffe beschränkt.[191] Nur der Alexandriner Johannes Philoponus, ein Schüler des Ammonius Hermeä, wahrscheinlich erst aus dem 6. Jahrhundert, schreibt die Bewegung der Weltkörper einem primitiven Stoße zu, und verbindet mit dieser Idee die des Falles, des Strebens aller schweren und leichten Stoffe gegen die Erde. Was Kopernikus ahnete, Kepler aber in seinem herrlichen Werke De Stella Martis deutlicher aussprach dort selbst[192] auf die Ebbe und Flut des Ozeans anwandte, findet man neu belebt und reich befruchtet (1666 und 1674) durch den Scharfsinn des geistreichen Robert Hooke. Nach solchen Vorbereitungen bot Newtons Lehre von der Gravitation das großartige Mittel dar, die ganze physische Astronomie in eine Mechanik des Himmels zu verwandeln.

Kopernikus kannte, wie man nicht bloß aus der Zueignung an den Papst, sondern in mehreren Stellen des Werkes selbst sieht, ziemlich vollständig die Vorstellungen der Alten vom Weltbau. Er nennt indes aus der vorhipparchischen Zeit nur Hycetas aus Syrakus, den er immer als Nicetas aufführt, Philolaus den Pythagoreer, den Timäus des Plato, Ecphantus, Heraklides den Pontiker und den großen Geometer Apollonius von Perga. Von den beiden seinem Systeme am nächsten stehenden Mathematikern, dem Aristarch von Samos und Seleucus dem Babylonier,[193] erwähnt er den

ersteren ohne alle Bezeichnung und den zweiten gar nicht. Man hat oft behauptet, er habe die Meinung des Aristarch von Samos von der Centralsonne und der planetarischen Erde darum nicht gekannt, weil der Arenarius und alle Werke des Archimedes erst ein Jahr nach seinem Tode, ein volles Jahrhundert nach Erfindung der Buchdruckerkunst, erschienen seien; aber man vergißt, daß Kopernikus in der Zueignung an den Papst Paul III. eine lange Stelle über Philolaus, Ecphantus und Heraklides vom Pontus aus des Plutarchus Werke Ueber die Meinungen der Philosophen (III, 13) citiert und daß er in demselben (II, 24) hätte lesen können, wie Aristarch von Samos die Sonne den Fixsternen beigezählt habe. Was unter allen Meinungen der Alten den tiefsten Einfluß auf die Richtung und allmähliche Entwickelung seiner Ideen ausgeübt haben könnte, sind nach Gassendis Behauptung eine Stelle in dem encyklopädischen, in halb barbarischer Sprache abgefaßten Werke des Martianus Mineus Capella und das Weltsystem des Apollonius von Perga. Nach der Vorstellungsart des Martianus Mineus aus Madaura, die mit zu großer Zuversicht[194] bald den Aegyptern, bald den Chaldäern zugeschrieben wird, ruht die Erde unbeweglich im Mittelpunkte, aber die Sonne wird als kreisender Planet, von zwei Satelliten (Merkur und Venus) umgeben. Eine solche Ansicht des Weltgebäudes konnte freilich zu der der Centralkräfte der Sonne vorbereiten. Nichts rechtfertigt aber, weder in dem Almagest und überhaupt in den Schriften der Alten, noch in dem Werke des Kopernikus De Revolutionibus, die von Gassendi so bestimmt ausgesprochene Behauptung über die vollkommene Aehnlichkeit des tychonischen Systems mit dem, welches man dem Apollonius von Perga zuschreiben will. Von der Verwechselung des kopernikanischen Systems mit dem des Pythagoreers Philolaus, in welchem die nicht rotierende Erde (die Antichthon oder Gegenerde ist nicht ein eigener Planet, sondern die entgegengesetzte Halbkugel unseres Planeten) wie die Sonne selbst sich um den Weltherd, das Centralfeuer, die Lebensflamme des ganzen Planetensystems, bewegt, kann nach Böckhs vollendeten Untersuchungen ferner keine Rede sein.

Die wissenschaftliche Revolution, deren Urheber Nikolaus Kopernikus war, hat das seltene Glück gehabt (eine kurze rückschreitende Bewegung der tychonischen Hypothese abgerechnet) ununterbrochen zum Ziele, zur Entdeckung des wahren Weltbaues zu führen. Die reiche Fülle genauer Beobachtungen,

welche der eifernde Gegner selbst, Tycho de Brahe, lieferte, begründete die Entdeckung der ewigen Gesetze planetarischer Bewegung, die Keplers Namen einen unsterblichen Ruhm bereiteten und, von Newton gedeutet, theoretisch als notwendig erwiesen in das Lichtreich des Gedankens, eines denkenden Erkennens der Natur, übertragen wurden. Man hat[195] mit Scharfsinn, aber vielleicht mit zu schwacher Bezeichnung des freien, selbständig die Gravitationstheorie schaffenden Geistes gesagt: „Kepler schrieb ein Gesetzbuch, Newton den Geist der Gesetze."

Die sinnbildlichen dichterischen Mythen pythagorischer und platonischer Weltgemälde, wandelbar[196] wie die Phantasie, die sie erzeugt, fanden teilweise noch ihren Reflex in Kepler; sie erwärmten und erheiterten sein oft getrübtes Gemüt, aber sie lenkten nicht ab von der ernsten Bahn, die er verfolgte und an deren Ziel[197] er gelangte zwölf Jahre vor seinem Tode in der denkwürdigen Nacht des 15. Mai 1618. Kopernikus hatte durch die tägliche Rotation der Erde um ihre Achse eine genügende Erklärung der scheinbaren Umwälzung des Fixsternhimmels und durch die jährliche Bewegung um die Sonne eine ebenso vollkommene Auflösung der auffallendsten Bewegungen der Planeten (Stationen und Rückgänge) gegeben und so den wahren Grund der sogenannten zweiten Ungleichheit der Planeten gefunden. Die erste Ungleichheit, die ungleichförmige Bewegung der Planeten in ihren Bahnen, ließ er unerklärt. Getreu dem alten pythagorischen Prinzipe von der den Kreisbewegungen innewohnenden Vollkommenheit, bedurfte Kopernikus noch zu seinem Weltenbau exzentrischer, im Mittelpunkt leerer Kreise, auch einiger Epicykeln des Apollonius von Perga. So kühn der Weg war, den man eingeschlagen, konnte man doch nicht auf einmal sich von allen früheren Ansichten befreien.

Der gleiche Abstand, in welchem die Sterne voneinander bleiben, indem das ganze Himmelsgewölbe sich von Osten nach Westen bewegt, hatte zu der Vorstellung eines Firmaments, einer soliden kristallenen Sphäre geführt, an welche sich Anaximenes (vielleicht nicht viel jünger als Pythagoras) die Sterne wie Nägel angeheftet dachte. Geminus der Rhodier, gleichzeitig mit Cicero, bezweifelt, daß die Sternbilder in einer Fläche liegen; einige liegen nach ihm höher, andere tiefer. Die Vorstellung vom Fixsternhimmel wurde auf die Planeten übertragen; und so entstand die Theorie der exzen-

trischen ineinander geschachtelten Sphären des Eudoxus, Menächmus und des Aristoteles, der die rückwirkenden Sphären erfand. Die Theorie der Epicykeln, eine Konstruktion, welche sich der Darstellung und Berechnung der planetarischen Bewegungen leichter anpaßte, verdrängte nach einem Jahrhundert durch den Scharfsinn des Apollonius die starren Sphären. Ob man, wie Ideler glaubt, erst nach Errichtung des alexandrinischen Museums angefangen habe, „eine freie Bewegung der Planeten im Weltraume für möglich zu halten", ob man sich allgemein früher sowohl die eingeschachtelten durchsichtigen Sphären (nach Eudoxus 27, nach Aristoteles 55) als die Epicykeln, die Hipparch und Ptolemäus dem Mittelalter überlieferten, nicht als fest, von materieller Dichte, sondern nur als ideelle Anschauungen dachte, darüber enthalte ich mich hier aller historischen Entscheidungen, so sehr ich auch der „bloß ideellen Anschauung" zugethan bin. Gewisser ist es, daß in der Mitte des 16. Jahrhunderts, da die Theorie der 77 homozentrischen Sphären des gelehrten Polyhistors Girolamo Fracastoro Beifall fand und da später die Gegner des Kopernikus alle Mittel aufsuchten, das ptolemäische System aufrecht zu halten, die, besonders von den Kirchenvätern begünstigte Vorstellung von der Existenz solider Sphären, Kreise und Epicykeln noch weit verbreitet war. Tycho de Brahe rühmt sich ausdrücklich des Verdienstes, durch seine Betrachtungen über die Kometenbahnen zuerst die Unmöglichkeit solider Sphären erwiesen, das künstliche Gerüste derselben zertrümmert zu haben. Er füllte den freien Himmelsraum mit Luft, und glaubte sogar das widerstehende Mittel könne, von den kreisenden Weltkörpern erschüttert, Töne erzeugen. Diese erneuerte pythagorische Tonmythe glaubte der wenig poetische Rothmann wiederlegen zu müssen.

Die große Entdeckung Keplers, daß alle Planeten sich in Ellipsen um die Sonne bewegen, und daß die Sonne in dem einen Brennpunkt dieser Ellipsen liegt, hat endlich das ursprüngliche kopernikanische System von den exzentrischen Kreisen und von allen Epicykeln befreit.[198] Der planetarische Weltbau erschien nun objektiv, gleichsam architektonisch, in seiner einfachen Größe; aber das Spiel und der Zusammenhang der inneren, treibenden und erhaltenden Kräfte wurden erst von Isaak Newton enthüllt. Wie man oft schon in der Geschichte der allmählichen Entwickelung des menschlichen Wissens bemerkt hat, daß wichtige aber scheinbar zufällige Entdeckungen, wie das

Auftreten großer Geister sich in einen kurzen Zeitraum zusammendrängen, so sehen wir diese Erscheinung auf die auffallendste Weise in dem ersten Dezennium des 17. Jahrhunderts wiederholt. Tycho, der Gründer der neueren messenden Astronomie, Kepler, Galilei und Bacon von Verulam sind Zeitgenossen. Alle, außer Tycho, haben in reiferen Jahren noch die Arbeiten von Descartes und Fermat erlebt. Die Grundzüge von Bacons Instauratio Magna erschienen in englischer Sprache schon 1605, fünfzehn Jahre vor dem Novum Organon. Die Erfindung des Fernrohrs und die größten Entdeckungen der physischen Astronomie (Jupiterstrabanten, Sonnenflecken, Phasen der Venus, Wundergestalt des Saturn) fallen zwischen die Jahre 1609 und 1612. Keplers Spekulationen über die elliptische Marsbahn beginnen 1601 und geben Anlaß zu der acht Jahre darauf vollendeten Astronomia nova seu Physica coelestis. „Durch das Studium der Bahn des Planeten Mars," schreibt Kepler, „müssen wir zu den Geheimnissen der Astronomie gelangen oder wir bleiben in derselben immer unwissend. Es ist mir durch hartnäckig fortgesetzte Arbeit gelungen, die Ungleichheiten der Bewegung des Mars einem Naturgesetz zu unterwerfen." Die Verallgemeinerung desselben Gedankens hat Kepler zu den großen Wahrheiten und kosmischen Ahnungen geführt, die der phantasiereiche Mann zehn Jahre später in seiner Weltharmonie (Harmonices Mundi libri quinque) dargelegt. „Ich glaube," sagt Kepler schön in einem Briefe an den dänischen Astronomen Longomontanus, „daß Astronomie und Physik so genau miteinander verknüpft sind, daß keine ohne die andere vervollkommnet werden kann." Auch erschienen die Früchte seiner Arbeiten über die Struktur des Auges und die Theorie des Sehens 1604 in den Paralipomenen zum Vitellion, die Dioptrik[199] selbst schon 1611. So verbreitete sich das Wissen über die wichtigsten Gegenstände der Erscheinungswelt in den himmlischen Räumen wie über die Art, durch Erfindung neuer Organe diese Gegenstände zu erfassen, in dem kurzen Zeitraume der ersten 10 bis 12 Jahre eines mit Galilei und Kepler anbrechenden, mit Newton und Leibniz endenden Jahrhunderts.

Die zufällige Erfindung der raumdurchdringenden Kraft der Fernröhre wurde zuerst in Holland, wahrscheinlich schon in den letzten Monaten des Jahres 1608, bekannt. Nach den neuesten archivarischen Untersuchungen[200] können Ansprüche auf

diese große Erfindung machen: Hans Lippershey, gebürtig aus Wesel, Brillenmacher zu Middelburg; Jakob Adriaansz mit dem Beinamen Metius, der auch Brennspiegel von Eis verfertigt haben soll, und Zacharias Jansen. Der erste wird in dem wichtigen Briefe des holländischen Gesandten Boreel an den Arzt Borelli, Verfasser der Abhandlung De vero telescopii inventore (1655), immer Lapreh genannt. Wenn man die Priorität nach den Zeitepochen bestimmen will, in denen den Generalstaaten Anträge gemacht wurden, so gehört dem Hans Lippershey der Vorrang. Er bietet der Regierung drei Instrumente an, „mit denen man in die Ferne sieht", am 2. Oktober 1608. Des Metius Anerbieten ist erst vom 17. Oktober desselben Jahres, aber er sagt ausdrücklich in der Bittschrift: „daß er durch Fleiß und Nachdenken schon seit zwei Jahren solche Instrumente konstruiert habe". Zacharias Jansen (wie Lippershey, Brillenmacher zu Middelburg) erfand in Gemeinschaft mit seinem Vater Hans Jansen gegen das Ende des 16. Jahrhunderts (wahrscheinlich nach 1590) das zusammengesetzte Mikroskop, dessen Okular ein Zerstreuungsglas ist; aber erst 1610, wie der Gesandte Boreel es bezeugt, das Fernrohr, welches er und seine Freunde zwar auf ferne irdische, aber nicht auf himmlische Gegenstände richteten. Der Einfluß, welchen das Mikroskop auf die tiefere Kenntnis alles Organischen in Gestaltung und Bewegung der Teile, das Fernrohr auf die plötzliche Erschließung der Welträume ausgeübt haben, ist so unermeßlich gewesen, daß die Geschichte der Entdeckung hier umständlicher berührt werden mußte.

Als die Nachricht von der in Holland gemachten Erfindung des teleskopischen Sehens im Mai 1609 sich nach Venedig verbreitete, wo Galilei zufällig anwesend war, erriet dieser das Wesentliche der Konstruktion eines Fernrohrs und brachte sogleich das seinige in Padua zustande.[201] Er richtete dasselbe zuerst auf die Gebirgslandschaften des Mondes, deren höchste Punkte er zu messen lehrt, während er, wie Leonardo da Vinci und Möstlin, das aschfarbene Licht des Mondes dem von der Erde auf den Mond reflektierten Sonnenlichte zuschrieb; er durchforschte mit schwacher Vergrößerung die Gruppe der Plejaden, den Sternhaufen der Krippe im Krebse, die Milchstraße und die Sterngruppe im Kopf des Orion. Dann folgten schnell hintereinander die großen Entdeckungen der vier Trabanten des Jupiter, der zwei Handhaben des Saturn (seine undeutlich gesehene, nicht erkannte Ringumgebung),

der Sonnenflecken und der sichelförmigen Gestalt der Venus.

Die Monde des Jupiter, die ersten aller durch das Fernrohr aufgefundenen Nebenplaneten, wurden, wie es scheint, fast zugleich, und ganz unabhängigerweise am 29. Dezember 1609 von Simon Marius zu Ansbach und am 7. Januar 1610 von Galilei zu Padua entdeckt. In der Publikation dieser Entdeckung kam Galilei durch den Nuncius Siderens (1610) dem Mundus Jovialis (1614) des Simon Marius zuvor.[202] Dieser hatte den Jupiterstrabanten den Namen Sidera Brandenburgica zugedacht; Galilei schlug den Namen Sidera Cosmica oder Medicea vor, von denen in Florenz der letztere am Hofe mehr Beifall fand. Die kollektiven Namen genügten aber nicht dem schmeichlerischen Sinne. Statt die Monde, wie wir jetzt thun, durch Zahlen zu bezeichnen, nannte sie Marius: Jo, Europa, Ganymed und Kallisto; durch Galileis Nomenklatur traten an die Stelle dieser mythologischen Wesen die Familiennamen des mediceischen Herrscherhauses: Catharina, Maria, Cosimo der ältere und Cosimo der jüngere.

Die Bekanntschaft mit dem Satellitensystem des Jupiter und die mit den Phasen der Venus haben den wesentlichsten Einfluß auf die Befestigung und Verbreitung des kopernikanischen Systemes gehabt. Die kleine Jupiterswelt (Mundus Jovialis) bot dem geistigen Blicke ein vollkommenes Bild des großen Planeten- und Sonnensystems dar. Man erkannte, daß die Nebenplaneten den von Kepler entdeckten Gesetzen gehorchen, am frühesten, daß die Quadrate der Umlaufszeiten sich verhalten wie die Würfel der mittleren Entfernungen der Satelliten vom Hauptplaneten. Deshalb ruft Kepler in der Harmonice Mundi, in dem festen Vertrauen und der Sicherheit, welche „einem deutschen Manne" die philosophische Freimütigkeit einflößt, den Stimmführenden jenseits der Alpen zu: „Achtzig Jahre[203] sind verflossen, in denen des Kopernikus Lehre von der Bewegung der Erde und von der Ruhe der Sonne ungehindert gelesen wurde, weil man für erlaubt hielt, über natürliche Dinge zu disputieren und die Werke Gottes zu beleuchten; und jetzt, da neue Dokumente zum Beweis der Lehre aufgefunden sind, Dokumente, welche den (geistlichen) Richtern unbekannt waren, wird die Verbreitung des wahren Systems vom Weltbau bei euch verpönt!" Diese Verpönung, Folge des alten Kampfes der Naturwissenschaft

mit der Kirche, hatte schon früher Kepler selbst in dem protestantischen Deutschland erfahren.

Für die Geschichte der Astronomie, ja für die Schicksale ihrer Begründung, bezeichnet die Entdeckung der Jupiterstrabanten eine ewig denkwürdige Epoche. Die Verfinsterungen der Trabanten, ihr Eintritt in den Schatten des Jupiters haben auf die Geschwindigkeit des Lichtes (1675) und durch die Kenntnis dieser Geschwindigkeit zur Erklärung der Aberrations-Ellipse der Fixsterne (1727) geleitet, in der sich gleichsam am Himmelsgewölbe die große Bahn der Erde in ihrem jährlichen Laufe um die Sonne abspiegelt. Man hat diese Entdeckungen Römers und Bradleys mit Recht „den Schlußstein des kopernikanischen Systemes", den sinnlichen Beweis von der translatorischen Bewegung der Erde genannt.

Auch die Wichtigkeit, welche die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten für die geographischen Längenbestimmungen auf dem festen Lande darbieten, wurde von Galilei früh (September 1612) erkannt. Er schlug die Längenmethode erst dem spanischen Hofe (1616), später den Generalstaaten von Holland, und zwar für das Seewesen, vor,[204] wenig bekannt, wie es scheint, mit den unüberwindlichen Schwierigkeiten, welche die praktische Anwendung der Methode auf dem vielbewegten Elemente findet. Er wollte mit hundert von ihm anzufertigenden Fernröhren selbst nach Spanien gehen oder seinen Sohn Vicenzio dahin schicken. Er verlangte als Belohnung „una Croce di S. Jago" und ein Jahrgehalt von 4000 Skudi; eine geringe Summe, sagte er, da man ihm anfangs im Hause des Kardinals Borgia zu 6000 Dukaten Renten Hoffnung gemacht.

Auf die Entdeckung der Nebenplaneten des Jupiters folgte bald die Beobachtung der sogenannten Dreigestaltung des Saturn, planeta tergeminus. Schon im November 1610 meldete Galilei an Kepler, daß „der Saturn aus drei Sternen bestehe, die sich gegenseitig berühren". In dieser Beobachtung lag der Keim zur Entdeckung des Saturnringes. Hevelius beschrieb (1656) das Veränderliche dieser Gestaltung, die ungleiche Oeffnung der Ansen (Henkel) und ihr zuweilen eintreffendes gänzliches Verschwinden. Das Verdienst, alle Erscheinungen des einigen Saturnringes wissenschaftlich erklärt zu haben, gehört aber (1655) dem scharfsinnigen Huygens, der nach der mißtrauischen Sitte der Zeit seine Entdeckung, wie Galilei, in ein Anagramm und zwar von 88 Buchstaben einhüllte. Erst Dominikus Cassini sah den schwarzen Streifen

am Ringe und erkannte (1684), daß er sich (wenigstens) in zwei konzentrische Ringe teile. Ich fasse zusammen, was ein Jahrhundert über die wunderbarste, ungeahnteste aller Gestaltungen in den himmlischen Räumen gelehrt hat, über eine Gestaltung, die auf scharfsinnige Vermutungen über die ursprüngliche Bildung von Neben- und Hauptplaneten hat leiten können.

Die Sonnenflecken sind zuerst durch Fernröhre von Johann Fabricius, dem Ostfriesen, und von Galilei (man behauptet, zu Padua oder Venedig) beobachtet worden; in der Veröffentlichung der Entdeckung ist unbestreitbar Fabricius (Juni 1611) dem Galilei (erster Brief an den Bürgermeister Markus Welser vom 4. Mai 1612) um ein Jahr zuvorgekommen. Die ersten Beobachtungen des Fabricius sind nach Aragos sorgfältiger Untersuchung[205] vom März 1611, nach Sir David Brewster sogar von dem Ende des Jahres 1610, wenn Christoph Scheiner die seinigen selbst nur bis April 1611 zurückführt und wahrscheinlich sich erst im Oktober desselben Jahres ernsthaft mit den Sonnenflecken beschäftigte. Ueber Galilei besitzen wir nur sehr dunkle und voneinander abweichende Angaben. Wahrscheinlich erkannte er die Sonnenflecken im April 1611; denn er zeigte sie öffentlich zu Rom im Garten des Kardinals Bandini am Quirinal im April und Mai desselben Jahres. Harriot, welchem Baron Zach die Entdeckung der Sonnenflecken (am 16. Januar 1610!) zuschreibt, sah allerdings schon drei derselben am 8. Dezember 1610 und bildete ihre Lage in einem Register der Beobachtungen ab; er wußte aber nicht, daß er Sonnenflecken gesehen, so wenig als Flamsteed am 23. Dezember 1690 oder Tobias Mayer am 25. September 1756 den Uranus als Planeten erkannten, als er durch ihr Fernrohr ging. Harriot erkennt die Sonnenflecken erst den 1. Dezember 1611, also 5 Monate nachdem Fabricius die Entdeckung veröffentlicht hatte. Galilei bemerkt schon, daß die Sonnenflecken, „von denen viele größer als das Mittelländische Meer, ja als Afrika und Asien sind", eine bestimmte Zone auf der Sonnenscheibe einnehmen. Er sieht bisweilen denselben Flecken wiederkehren, er ist überzeugt, daß sie zu dem Sonnenkörper selbst gehören. Die Unterschiede der Dimensionen im Centrum der Sonne und bei dem Verschwinden am Rande fesseln besonders seine Aufmerksamkeit; doch finde ich in dem merkwürdigen zweiten Briefe an Markus Welser (vom 14. August 1612) nichts, das sich auf eine

beobachtete Ungleichheit des aschfarbenen Randes zu beiden Seiten des schwarzen Kernes am Sonnenrande (Alexander Wilsons schöne Bemerkung von 1773!) deuten ließe. Von dem Kanonikus Tarde (1620) und von Malapertus (1633) wurden alle Verdunkelungen der Sonne kleinen um dieselbe zirkulierenden, lichttraubenden Weltkörpern zugeschrieben, den bourbonischen und österreichischen Gestirnen (Borbonia und Austriaca Sidera). Fabricius erkannte wie Galilei, daß die Flecken dem Sonnenkörper[206] selbst angehören; auch er sah früher gesehene verschwinden und dann wiederkehren; solche Erscheinungen lehrten ihn die Rotation der Sonne, die Kepler schon vor Entdeckung der Sonnenflecke geahnet hat. Die genauesten Bestimmungen (1630) der Rotationsdauer sind aber von dem fleißigen Scheiner. Wenn in der neuesten Zeit das stärkste Licht, welches die Menschen bisher hervorgebracht, das Drummondsche Erglühen des Kalkes, auf die Sonnenscheibe projiziert, tintenartig schwarz erschienen ist, so darf es nicht wunder nehmen, daß Galilei, der zweifelsohne die großen Sonnenfackeln zuerst beschrieben hat, das Licht des Kernes der Sonnenflecken für intensiver hielt als das des Vollmondes oder der Luft nahe um die Sonnenscheibe.[207] Phantasieen über die mehrfachen Luft-, Wolken- und Lichthüllen, welche den (schwarzen) erdhaften Kern der Sonne umgeben, finden sich schon in den Schriften des Kardinals Nikolaus von Cusa aus der Mitte des 15. Jahrhunderts.

Um den Cyklus der bewundernswürdigen Entdeckungen zu schließen, welcher kaum zwei Jahre umfaßt und in welchem des großen, unsterblichen Florentiners Name vorleuchtet, muß ich noch der Lichtgestalten der Venus erwähnen. Schon im Februar 1610 sah Galilei den Planeten sichelförmig, und verbarg (11. Dezember 1610), nach einer Sitte, deren wir bereits oben erwähnt, die wichtige Entdeckung in ein Anagramm, dessen Kepler in der Vorrede zu seiner Dioptrik gedenkt. Auch von der wechselnden Lichtgestalt des Mars glaubt er etwas trotz der schwachen Vergrößerung seiner Fernröhre zu erkennen, wie er in einem Briefe an Benedetto Castelli (30. Dezember 1610) sagt. Die Entdeckung der mondartigen Sichelgestalt der Venus war der Triumph des kopernikanischen Systemes. Dem Urheber dieses Systemes konnte gewiß die Notwendigkeit der Existenz der Phasen nicht entgehen; er diskutiert umständlich in dem 10. Kapitel des ersten Buches die Zweifel, welche in Hinsicht der Lichtgestalten die neueren Anhänger platonischer

Meinungen gegen den ptolemäischen Weltbau erheben. Bei der Entwickelung seines eigenen Systemes spricht er sich aber nicht besonders über die Phasen der Venus aus, wie Thomas Smith es in seiner Optik behauptet.

Die Erweiterung des kosmischen Wissens, deren Schilderung leider nicht ganz von dem unheimlichen Hader über Prioritätsrecht der Entdeckungen zu trennen ist, fanden, wie alles, was die physische Astronomie berührt, einen um so allgemeineren Anklang, als die Erfindung der Fernröhre (1608) in eine Zeit fiel, in welcher, 36, 8 und 4 Jahre zuvor, große Himmelsbegebenheiten (das plötzliche Erscheinen und Verlöschen dreier neuer Sterne: in der Kassiopeia 1572, im Schwan 1600 und am Fuß des Ophiuchus 1604) das Zusammenlaufen von erstaunten Volksmassen erregt hatten. Alle diese Sterne waren heller als Sterne erster Größe, und der von Kepler beobachtete im Schwan blieb 21 Jahre leuchtend am Himmelsgewölbe die ganze Periode der galileischen Entdeckungen hindurch. Drei und ein halbes Jahrhundert sind nun fast verflossen, und kein neuer Stern erster oder zweiter Größe ist seitdem erschienen; denn die merkwürdige Himmelsbegebenheit, deren Zeuge Sir John Herschel (1837) in der südlichen Halbkugel war, ist die übergroße Zunahme der Lichtintensität eines längst gesehenen Sternes zweiter Größe (η Argo), den man bisher nicht als veränderlich gekannt. Wie mächtig das Erscheinen neuer Sterne zwischen 1572 und 1604 die Neugierde gefesselt, den Anteil an astronomischen Entdeckungen vermehrt, ja zu phantasiereichen Kombinationen angeregt hat, lehren Keplers Schriften, lehrt alles, was wir erfahren, wenn dem bloßen Auge sichtbare Kometen auftreten. Auch irdische Naturbegebenheiten, wie Erdbeben in Gegenden, wo dieselben sehr selten gespürt worden sind, Ausbrüche lang ruhender Vulkane, das Geräusch der Aerolithen, die unsere Atmosphäre durchstreichen und sich in derselben erhitzen, beleben auf eine gewisse Zeit von neuem das Interesse für Probleme, die dem Volke noch ungelöster als den dogmatisierenden Physikern erscheinen.

Wenn ich in diesen Betrachtungen über den Einfluß der unmittelbaren Sinnesanschauung Kepler vorzugsweise genannt habe, so war es, um darin zu erinnern, wie sich in diesem großen, herrlich begabten und wunderbaren Manne jener Hang zu phantasiereichen Kombinationen mit einem ausgezeichneten Beobachtungstalente und einer ernsten, strengen Inductions-

methode, mit einer mutigen, fast beispiellosen Beharrlichkeit im Rechnen, mit einem mathematischen Tiefsinne vereinigt fand, der, in der *Stereometria doliorum* offenbart, auf Fermat und durch diesen auf die Erfindung der *Rechnung des Unendlichen* einen glücklichen Einfluß ausgeübt hat.[208] Ein solcher Geist[209] war recht vorzugsweise vor allen dazu geeignet, durch den Reichtum und die Beweglichkeit seiner Ideen, ja durch die Wagnisse kosmologischer Ahnungen Leben um sich her zu verbreiten, die Bewegung zu vermehren, welche das 17. Jahrhundert unaufhaltsam seinem erhabenen Ziele erweiterter Weltanschauung zuführte.

Die vielen dem Auge sichtbaren Kometen von 1577 an bis zu der Erscheinung des Halleyschen Kometen 1607 (acht an der Zahl) und das bereits oben erwähnte Erscheinen von drei neuen Sternen fast in derselben Periode regten zu Spekulationen über die Entstehung dieser Weltkörper aus einem die Himmelsräume füllenden *kosmischen Nebel* und *Weltdunste* an. Kepler glaubte, wie Tycho, daß die neuen Sterne sich aus diesem Weltdunste zusammengeballt und daß sie sich in ihn wieder auflösen. Auch die Kometen, denen er, vor der thatsächlichen Ergründung der elliptischen Bahn der Planeten, eine *geradlinige*, nicht in sich wiederkehrende und geschlossene Bahn zuschrieb, ließ er (1608) in seinem *neuen und seltsamen Diskurse über die Haarsterne* „aus himmlischer Luft" entstehen. Er setzte sogar nach uralten Phantasieen über die *mutterlose* Erzeugung hinzu, daß Kometen entstehen, „wie aus jeder Erde ein Kraut auch ohne Samen wachse und wie aus dem Salzwasser Fische durch generatio spontanea erzeugt werden".

Glücklicher in anderen kosmischen *Ahnungen*, wagte Kepler folgende Sätze aufzustellen: alle Fixsterne sind Sonnen wie die unsrige, von Planetensystemen umgeben; unsere Sonne ist in eine Atmosphäre gehüllt, die sich als eine weiße Lichtkrone in den totalen Sonnenfinsternissen offenbart; unsere Sonne liegt in der großen Weltinsel so, daß sie das Centrum des zusammengedrängten Sternenringes der Milchstraße bildet; sie selbst, deren Flecken damals noch nicht entdeckt waren, alle Planeten und alle Fixsterne haben eine Rotation um ihre Achsen; um Saturn (und um Mars) wird man Trabanten, wie die von Galilei um den Jupiter aufgefundenen, entdecken; in dem viel zu großen Abstand[210] zwischen Mars und Jupiter, wo wir jetzt 7 *Asteroiden* kennen (wie zwischen Venus und

Merkur) bewegen, sich ihrer Kleinheit wegen dem bloßen Auge unsichtbare Planeten. Ahnungsvolle Aussprüche dieser Art, ein glückliches Erraten von dem, was großenteils später aufgefunden wurde, erregten ein allgemeines Interesse, während daß keiner von Keplers Zeitgenossen, Galilei selbst nicht ausgenommen, der Entdeckung der drei Gesetze mit gerechtem Ruhme erwähnt, welche seit Newton und der Erscheinung der Gravitationstheorie Keplers Namen auf ewig verherrlichen. Kosmische Betrachtungen, selbst die, welche nicht auf Beobachtungen, sondern auf schwache Analogieen gegründet sind, fesselten damals, wie oft noch jetzt, die Aufmerksamkeit mehr als die wichtigsten Ergebnisse der rechnenden Astronomie.

Nachdem ich die wichtigen Entdeckungen geschildert, die in einem so kleinen Cyklus von Jahren die Kenntnis der Welträume erweitert haben, muß ich noch der Fortschritte in der physischen Astronomie gedenken, durch welche sich die zweite Hälfte des großen Jahrhunderts auszeichnet. Die Vervollkommnung der Fernröhre veranlaßte die Auffindung der Saturnstrabanten. Huygens entdeckte zuerst (25. März 1655) den sechsten durch ein von ihm selbst geschliffenes Objektiv, 45 Jahre nach der Entdeckung der Jupiterstrabanten. Nach dem Vorurteil, welches er mit mehreren Astronomen seiner Zeit teilte, daß die Zahl der Nebenplaneten die der Hauptplaneten nicht übertreffen könne, bemühte er sich nicht andere Saturnsmonde zu entdecken. Vier derselben, Sidera Lodovicea, d. i. den siebenten äußersten, mit großer Lichtabwechselung (1671), den fünften (1672), den vierten und dritten, durch Campanische Objektive von 100 bis 136 Fuß Fokallänge (1684), fand Dominikus Cassini; die zwei innersten, den ersten und zweiten, mehr als ein Jahrhundert später (1788 und 1789) durch sein Riesenteleskop Wilhelm Herschel. Der letztgenannte Saturnsmond bietet die merkwürdige Erscheinung eines Umlaufs um den Hauptplaneten von weniger als einem Tage dar.

Bald nach Huygens' Entdeckung eines Saturnstrabanten beobachtete Childrey (1658—1661) das Tierkreislicht, dessen räumliche Verhältnisse aber erst Dominikus Cassini (1683) bestimmt hat. Der letztere hielt dasselbe nicht für einen Teil der Sonnenatmosphäre, sondern wie Schubert, Laplace und Poisson für einen abgesondert kreisenden Nebelring. Nächst der erwiesenen Existenz von Nebenplaneten und von dem freien und dazu konzentrisch geteilten Saturnsringe gehört unstreitig die mutmaßliche, wahrscheinliche

Existenz des dunstartigen Tierkreisringes zu den großartigsten Erweiterungen der Ansicht des früher so einfach scheinenden Planetensystems. In unseren Tagen haben die ineinander geschlungenen Bahnen der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter, die inneren Kometen, deren ersten Encke als solchen erwiesen, und die an bestimmte Tage geknüpften Sternschnuppenschwärme (wenn man sie anders als kleine, mit planetarischer Geschwindigkeit sich bewegende, kosmische Massen betrachten darf) jene Weltansichten wie mit neuen Objekten der Betrachtung in wundersamer Mannigfaltigkeit bereichert.

Auch die Ideen über den Inhalt der Welträume jenseits des äußersten Planetenkreises und jenseits aller Kometenbahnen, über die Verteilung der Materie (des Geschaffenen, wie man das Seiende und Werdende zu nennen pflegt) wurden in dem Zeitalter von Kepler und Galilei großartig erweitert. In derselben Periode, in welcher (1572—1604) drei neue Sterne erster Größe in der Kassiopeia, im Schwan und im Schlangenträger auflohderten, bemerkten David Fabricius, Pfarrer zu Ostell in Ostfriesland (Vater des Entdeckers der Sonnenflecken), (1596) und Johann Bayer zu Augsburg (1603) am Halse des Walfisches einen wieder verschwindenden Stern, dessen veränderlichen Lichtwechsel aber, wie Arago in einer für die Geschichte astronomischer Entdeckungen wichtigen Abhandlung [211] gezeigt hat, erst Johann Phocylides Holwarda, Professor in Franecker (1638 und 1639) erkannt hat. Das Phänomen zeigte sich nicht isoliert. Noch in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts wurden periodisch veränderliche Sterne im Medusenhaupte, in der Wasserschlange und im Schwane entdeckt. Wie genaue Beobachtungen des Lichtwechsels des Algol unmittelbar zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes dieses Sternes führen können, ist in der eben angeführten Abhandlung von 1842 mit vielem Scharfsinn gezeigt worden.

Der Gebrauch des Fernrohres reizte nun auch zu der ernsteren Beobachtung einer Klasse von Erscheinungen, von denen einige wenige auch dem unbewaffneten Auge nicht entgehen konnten. Simon Marius beschrieb (1612) den Nebelfleck der Andromeda, Huygens entwarf (1656) das Bild von dem am Schwert des Orion. Beide Nebel konnten als Typen dienen von einer verschiedenartig, mehr oder weniger fortgeschrittenen Verdichtung der dunstförmigen kosmischen Materie.

„Indem Marius den Nebelfleck der Andromeda mit „einem Kerzenlichte" vergleicht, „das man durch einen halb durchsichtigen Körper betrachtet", bezeichnet er durch diese Vergleichung sehr passend den Unterschied zwischen den Nebelflecken überhaupt und den von Galilei untersuchten Sternhaufen und Sternschwärmen, den Plejaden und der Krippe im Krebse. Schon im Anfang des 16. Jahrhunderts hatten spanische und portugiesische Seefahrer, ohne den Vorteil des teleskopischen Sehens, die beiden Magelhaensschen um den Südpol kreisenden Lichtwolken bewundert, deren eine, wie schon oben bemerkt, der weiße Fleck oder Ochse des persischen Astronomen Abdurrahman Sufi (aus der Mitte des 10. Jahrhunderts) ist. Galilei gebraucht im Nuncius Sidereus die Benennungen Stellae nebulosae und Nebulosae eigentlich für Sternschwärme, die (wie er sich ausdrückt) als areolae sparsim per aethera subfulgent. Da er den dem bloßen Auge sichtbaren, aber für die stärksten Vergrößerungen bisher sternlosen Nebelfleck der Andromeda keiner besonderen Aufmerksamkeit gewürdigt hat, so hält er allen Schein des Nebels, alle seine Nebulosae, wie die Milchstraße selbst, für Lichtmassen sehr zusammengedrängter Sterne. Er unterscheidet nicht Nebel und Stern, wie Huygens im Nebelfleck des Orion thut. Das sind die schwachen Anfänge der großen Arbeiten über die Nebelflecke, welche die ersten Astronomen unserer Zeit in beiden Hemisphären rühmlichst beschäftigt haben.

Wenn auch das 17. Jahrhundert in seinem Anfang der plötzlichen Erweiterung der Kenntnis der Himmelsräume durch Galilei und Kepler, an seinem Ende den Forschritten des reinen mathematischen Wissens durch Newton und Leibniz seinen Hauptglanz verdankt, so hat doch zugleich auch der größte Teil der physikalischen Probleme, welche uns gegenwärtig beschäftigen, in jenem Jahrhundert eine wohlthätige und befruchtende Pflege erfahren. Um der Geschichte der Weltanschauung nichts von ihrem eigentümlichen Charakter zu rauben, beschränke ich mich, nur die Arbeiten zu erwähnen, welche unmittelbar einen wesentlichen Einfluß auf allgemeine, d. h. kosmische Naturansichten ausgeübt haben. Für die Prozesse des Lichtes, der Wärme und des Magnetismus nennen wir zuerst Huygens, Galilei und Gilbert. Als Huygens mit der doppelten Brechung des Lichts im isländischen Kristall, d. h. mit der Zerspaltung in zwei Lichtstrahlen beschäftigt war, entdeckte er (1678) auch die Art der Polari

sation des Lichtes, welches seinen Namen führt. Der Entdeckung dieser vereinzelten Erscheinung, welche erst 1690, also fünf Jahre vor seinem Tode, veröffentlicht wurde, sind die großen Entdeckungen von Malus, Arago und Fresnel, von Brewster[214] und Biot erst nach mehr als einem Jahrhunderte gefolgt! Malus fand (1808) die Polarisation durch Zurückwerfung von spiegelnden Flächen, Arago (1811) die farbige Polarisation. Eine Wunderwelt mannigfach modifizierter, mit neuen Eigenschaften begabter Lichtwellen ward nun eröffnet. Ein Lichtstrahl, der viele Millionen Meilen weit aus den fernsten Himmelsräumen zu unserem Auge gelangt, verkündigt in Aragos Polariskop gleichsam von selbst, ob er reflektiert oder gebrochen sei, ob er von einem festen, oder tropfbar flüssigen, oder gasförmigen Körper emaniert; er verkündigt sogar den Grad seiner Intensität. Auf diesem Wege, der uns zu dem 17. Jahrhundert durch Huygens zurückführt, werden wir über die Konstitution des Sonnenkörpers und seiner Hüllen, über das reflektierte oder eigene Licht der Kometenschweife und des Tierkreislichtes, über die optischen Eigenschaften unserer Atmosphäre und die Lage von vier neutralen Punkten der Polarisation unterrichtet, welche Arago, Babinet und Brewster entdeckt haben. So schafft sich der Mensch Organe, die, mit Scharfsinn angewandt, neue Weltansichten eröffnen.

Neben der Polarisation des Lichtes ist noch der auffallendsten aller optischen Erscheinungen, der Interferenz, zu erwähnen, von welcher ebenfalls im 17. Jahrhundert schon schwache Spuren ohne Verständnis der ursächlichen Bedingungen von Grimaldi (1665) und Hooke beobachtet worden waren. Die Auffindung dieser Bedingungen, die klare Erkenntnis der Gesetze, nach denen (unpolarisierte) Lichtstrahlen sich zerstören und Finsternis hervorbringen, wenn sie aus einer und derselben Quelle mit verschiedener Länge des Weges kommen, verdankt die neuere Zeit dem glücklichen Scharfblicke von Thomas Young. Die Gesetze der Interferenz des polarisierten Lichtes haben Arago und Fresnel (1816) entdeckt. Die von Huygens und Hooke angeregte, von Leonhard Euler verteidigte Undulationstheorie fand endlich festen und sicheren Grund.

War die letzte Hälfte des 17. Jahrhunderts durch die erlangte Einsicht in die Natur der doppelten Strahlenbrechung für die Erweiterung des optischen Wissens wichtig geworden, so hat sie einen weit höheren Glanz noch durch Newtons

Experimentalarbeiten und durch Olaus Römers Entdeckung (1675) der meßbaren Geschwindigkeit des Lichtes gewonnen. Ein halbes Jahrhundert später (1728) hat diese Entdeckung Bradley in den Stand gesetzt, die von ihm aufgefundene Veränderung des scheinbaren Ortes der Sterne als eine Folge der Bewegung der Erde in ihrer Bahn, verbunden mit der Fortpflanzung des Lichtes, zu betrachten. Newtons herrliches Werk, seine Optik, erschien (1704) aus persönlichen Gründen erst zwei Jahre nach Hookes Tode in englischer Sprache; es wird aber versichert, daß der große Mann schon vor den Jahren 1666 und 1667 im Besitz[213] des Hauptsächlichsten seiner optischen Anschauungen, seiner Gravitationstheorie und der Differentialrechnung (method of fluxions) gewesen sei.

Um das gemeinsame Band nicht aufzulösen, welches die allgemeinen primitiven Erscheinungen der Materie umschlingt, lassen wir hier auf die aphoristische Erwähnung der optischen Entdeckungen von Huygens, Grimaldi und Newton die Betrachtungen über Erdmagnetismus und Wärme des Luftkreises folgen, insofern beide Lehren im Laufe des Jahrhunderts begründet worden sind, dessen Schilderung wir hier unternommen haben. Das geistreichste und wichtigste Werk über die magnetischen und elektrischen Kräfte, William Gilberts Physiologia nova de Magnete, erschien in dem Jahre 1600. Ich habe Gelegenheit gehabt, desselben schon mehrmals zu gedenken. Der von Galilei wegen seines Scharfsinnes so bewunderte Mann[214] ahnet vieles von dem, was wir jetzt wissen. Er hält Magnetismus und Elektrizität für zwei Emanationen der einigen, aller Materie inwohnenden Grundkraft. Er behandelt daher beide zugleich. Solche dunkle auf Analogieen gegründete Ahnungen über die Wirkung des herakleischen Magnetsteines auf das Eisen, und die Ziehkraft des, wie Plinius sagt, durch Wärme und Reibung beseelten Amber gegen dürre Spreu gehören allen Zeiten, ja allen Volksstämmen, der ionischen Naturphilosophie wie den chinesischen Physikern an. Dem William Gilbert ist die Erde selbst ein Magnet, und die Kurven gleicher Abweichung und Neigung hängen in ihren Inflexionen von der Massenverteilung oder Gestaltung der Kontinente, von der Form und Ausdehnung der tiefen dazwischen liegenden ozeanischen Becken ab. Die periodische Veränderlichkeit, welche die drei Hauptformen der magnetischen Erscheinungen (die isoklinischen, isogonischen und isodynamischen) charakterisiert, ist mit diesem starren

System der Kraft- und Massenverteilung schwer zu vereinigen, wenn man sich nicht die Ziehkraft der materiellen Teile durch ebenfalls periodische Temperaturveränderungen im Inneren des Erdkörpers modifiziert vorstellt.

In Gilberts Theorie wird bloß, wie bei der Gravitation, die Quantität der materiellen Teile geschätzt, ohne auf die spezifische Heterogeneität der Stoffe zu achten. Dieser Umstand hat seinem Werke, zu Galileis und Keplers Zeit, einen Charakter kosmischer Größe gegeben. Durch die unerwartete Entdeckung des Rotationsmagnetismus von Arago (1825) ist faktisch bewiesen worden, daß alle Arten der Materie des Magnetismus fähig sind; die neuesten Arbeiten von Faraday über die diamagnetischen Substanzen bestätigen, unter besonderen Bedingnissen der Meridian- oder Aequatorialrichtung, des festen, flüssigen oder gasförmig-unwirksamen Zustandes der Körper, jenes wichtige Resultat. Gilbert hat einen so klaren Begriff von der Mitteilung der tellurischen Magnetkraft, daß er bereits den magnetischen Zustand von Eisenstangen am Kreuz alter Kirchtürme[215] dieser Einwirkung der Erde zuschrieb.

Die zunehmende Thätigkeit der Schiffahrt bis zu den höchsten Breiten und die Vervollkommnung der magnetischen Instrumente, denen sich schon seit 1576 die von Robert Norman aus Ratcliffe konstruierte Neigungsnadel (das Inklinatorium) beigesellt hatte, verallgemeinerten erst im Laufe des 17. Jahrhunderts die Kenntnis von dem periodischen Fortschreiten eines Teils der magnetischen Kurven, der Linien ohne Abweichung. Die Lage des magnetischen Aequators, den man lange mit dem geographischen identisch glaubte, blieb ununtersucht. Inklinationsbeobachtungen wurden nur in einigen Hauptstädten des westlichen und südlichen Europas angestellt, und die ebenfalls in Raum und Zeit veränderliche Intensität der magnetischen Erdkraft ist zwar von Graham zu London (1723) durch die Oszillationen einer Magnetnadel zu messen versucht worden, aber nach dem resultatlosen Unternehmen von Borda auf seiner letzten Reise nach den Kanarischen Inseln (1776) ist es erst Lamanon (1785) in la Pérouses Expedition geglückt, die Intensität in verschiedenen Erdzonen mit einander zu vergleichen.

Auf eine große Masse schon vorhandener Deklinationsbeobachtungen von sehr ungleichem Werte (Beobachtungen von Baffin, Hudson, James Hall und Schouten) gestützt, entwarf

Edmund Halley 1683 seine Theorie von vier magnetischen Polen oder Konvergenzpunkten und von der periodischen Bewegung der magnetischen Linie ohne Abweichung. Um diese Theorie zu prüfen und mit Hilfe neuer und genauerer Beobachtungen zu vervollkommnen, ließ die englische Regierung ihn drei Reisen (1698–1702) in dem Atlantischen Ozean auf einem Schiffe machen, das er selbst befehligte. Er gelangte auf einer dieser Seefahrten bis zu 52° südlicher Breite. Dies Unternehmen hat Epoche in der Geschichte des tellurischen Magnetismus gemacht. Eine allgemeine Variationskarte, in der die Punkte, an welchen die Seefahrer die Abweichung von gleicher Größe gefunden hatten, durch krumme Linien verbunden sind, war die Frucht derselben. Nie vorher, glaube ich, hatte ein Gouvernement eine Seeexpedition zu einem Zwecke angeordnet, von dessen Erreichung die praktische Nautik sich zwar viel versprechen durfte, der aber doch recht eigentlich ein wissenschaftlicher physiko-mathematischer genannt zu werden verdiente.

Da von einem aufmerksamen Forscher keine Erscheinung isoliert ergründet werden kann, ohne in ihrem Verhältnis zu einer anderen betrachtet zu werden, so wagte auch schon Halley, von seinen Reisen zurückgekehrt, die Vermutung, daß das Nordlicht eine magnetische Erscheinung sei. Ich habe in dem allgemeinen Naturgemälde bemerkt, daß Faradays glänzende Entdeckung (Lichtentwickelung durch magnetische Kräfte) jene 1714 ausgesprochene Hypothese zu einer empirischen Gewißheit erhoben hat.

Sollen aber die Gesetze des Erdmagnetismus gründlich, d. h. in dem großen Cyklus des periodischen räumlichen Fortschreitens aller drei Arten von magnetischen Kurven erforscht werden, so ist es nicht genug, den täglichen regelmäßigen oder gestörten Gang der Nadel in den magnetischen Stationen zu beobachten, die seit 1828 angefangen haben einen beträchtlichen Teil der Erdoberfläche in nördlichen und südlichen Breiten zu bedecken; es müßte auch viermal in jedem Jahrhundert eine Expedition von drei Schiffen ausgesandt werden, welche möglichst gleichzeitig den Zustand des Magnetismus der Erde, soweit er sich auf ihrer mit Wasser bedeckten Oberfläche für uns meßbar offenbart, zu untersuchen hätten. Der magnetische Aequator, d. h. die Kurve, auf welcher die Neigung null ist, müßte nicht bloß aus der geographischen Ortslänge ihrer Knoten (der Intersektion mit dem geographischen Aequator)

geschlossen werden, sondern, den Kurs des Schiffes nach den Inklinationsangaben perpetuierlich abändernd, müßte man den dermaligen magnetischen Aequator nie verlassen. Landerpeditionen wären mit diesem Unternehmen zu verbinden, um da, wo eine Ländermasse nicht ganz durchstrichen werden kann, genau zu bestimmen, an welchen Punkten des Litorales die magnetischen Kurven (besonders die Linien ohne Abweichung) eintreten. Eine vorzügliche Aufmerksamkeit möchten in ihrer Bewegung und allmählichen Auflösung zwei isoliert geschlossene Systeme von eiförmiger Gestaltung mit fast konzentrischen Abweichungskurven, im östlichen Asien und in der Südsee im Meridian der Marquesasinselgruppe, verdienen. Seitdem die ruhmvolle antarktische Expedition von Sir James Clark Roß (1839–1843), mit vortrefflichen Instrumenten ausgerüstet, ein großes Licht über die südliche Erdhälfte bis zum Polarabstand verbreitet und empirisch den magnetischen Südpol bestimmt hat, seitdem es dem großen Mathematiker unseres Zeitalters, meinem verehrten Freunde Friedrich Gauß, gelungen ist, die erste allgemeine Theorie des Erdmagnetismus aufzustellen, darf man, bei so vielfachem Bedürfnis der Wissenschaft und der Schiffahrt, die Hoffnung nicht aufgeben, daß dieser so oft schon von mir angeregte Plan dereinst ausgeführt werde. Möge das Jahr 1850 als die erste normale Epoche bezeichnet werden können, in der die Materialien zu einer magnetischen Weltkarte gesammelt werden sollen! Mögen permanente wissenschaftliche Institute (Akademieen) es sich zum Gesetz machen, von 25 zu 25 Jahren ein die Fortschritte der Nautik begünstigendes Gouvernement an die Wichtigkeit des Unternehmens zu erinnern, dessen großer kosmischer Wert an eine lange Wiederholung geknüpft ist!

Die Erfindung wärmemessender Instrumente (Galileis Thermoskope[218] von 1593 bis 1602 waren gleichzeitig von den Veränderungen der Temperatur und des äußeren Luftdruckes abhängig) regte zuerst den Gedanken an, durch eine Reihe zusammenhängender Beobachtungen, der Zeitfolge nach, die Modifikationen des Luftkreises zu ergründen. Wir erfahren aus dem Diario der Academia del Cimento, welche in der kurzen Dauer ihrer Wirksamkeit einen so glücklichen Einfluß auf die Liebe zu planmäßigem Experimentieren ausgeübt hat, daß mit Alkoholthermometern, den unserigen ähnlich, in vielen Stationen, zu Florenz im Kloster degli Angeli, in den Ebenen der Lombardei und den Gebirgen um Pistoja,

ja in der Hochebene von Innsbruck, bereits seit 1641, fünfmal täglich Temperaturbeobachtungen angestellt wurden. Der Großherzog Ferdinand II. beauftragte mit dieser Arbeit die Mönche mehrerer Klöster in seinen Staaten.[217] Auch die Temperatur der Mineralquellen wurde damals bestimmt, was zu vielen Fragen über die Erdtemperatur Veranlassung gab. Da alle Naturerscheinungen, alle Veränderungen der irdischen Materie mit Modifikationen der Wärme, des Lichtes und der Elektrizität, der ruhenden oder der in Strömen bewegten, zusammenhängen, zugleich die Phänomene der Wärme, auf Ausdehnung wirkend, der sinnlichen Wahrnehmung am zugänglichsten sind, so mußte, wie ich schon an einem anderen Orte erinnert habe, die Erfindung und Vervollkommnung von Wärmemessern eine große Epoche unter den Fortschritten des allgemeinen Naturwissens bezeichnen. Das Gebiet der Anwendung des Thermometers und der rationellen Folgerungen, die aus seinen Anzeigen gezogen werden können, ist so unermeßlich als das Gebiet der Naturkräfte selbst, welche in dem Luftmeer, auf der Feste oder in den übereinander gelagerten Schichten des Ozeans, in den unorganischen Stoffen wie in den chemischen Lebensprozessen der organischen walten.

Auch die Wirkungen der strahlenden Wärme sind mehr als ein Jahrhundert vor Scheeles großen Arbeiten, von den Florentiner Mitgliedern der Academia del Cimento, durch merkwürdige Versuche mit Hohlspiegeln, gegen welche nicht leuchtende erhitzte Körper und Eismassen bis zu 500 Pfund Gewicht wirklich und scheinbar strahlten, ergründet worden. Mariotte am Ende des 17. Jahrhunderts untersuchte die Verhältnisse der strahlenden Wärme bei ihrem Durchgange durch Glastafeln. Es mußte dieser vereinzelten Experimente hier gedacht werden, da in späterer Zeit die Lehre von der Wärmestrahlung ein großes Licht über Erkaltung des Bodens, die Entstehung des Taues und viele allgemeine klimatische Modifikationen verbreitet, ja durch Mellonis bewundernswürdigen Scharfsinn zu der kontrastierenden Diathermanie des Steinsalzes und Alauns geführt hat.

Den Untersuchungen über die nach Maßgabe der geographischen Breite, der Jahreszeiten und der Erhebung des Bodens veränderte Wärme des Luftkreises gesellten sich bald andere bei über den wechselnden Druck und die Dunstmenge der Atmosphäre, über die so oft beobachtete periodische Folge, d. h. das Drehungsgesetz, der Winde. Galileis richtige An-

sichten vom Luftdrucke hatten Torricelli ein Jahr nach dem Tode seines großen Lehrers auf die Konstruktion des Barometers geleitet. Daß die Quecksilbersäule in der Torricellischen Röhre minder niedrig am Fuß eines Turmes oder eines Berges als auf deren Höhe stehe, bemerkte, wie es scheint, zuerst in Pisa Claudio Beriguardi, und fünf Jahre später in Frankreich, auf Pascals Aufforderung, des letzteren Schwager Perrier, da er den Puy de Dome (840 Fuß [273 m] höher als der Vesuv) bestieg. Die Idee, das Barometer zu Höhenmessungen anzuwenden, bot sich nun wie von selbst dar; vielleicht ward sie in Pascal durch einen Brief von Descartes geweckt. Wie viel das Barometer, als hypsometrisches Werkzeug auf die Bestimmung der partiellen Oberflächengestalt der Erde, als meteorologisches Werkzeug auf Ergründung des Einflusses der Luftströme angewandt, zur Erweiterung der physikalischen Erdbeschreibung und der Witterungslehre beigetragen habe, erheischt hier keine besondere Erörterung. Die Theorie der eben erwähnten Luftströme ist in ihren festen Grundpfeilern ebenfalls vor dem Schluß des 17. Jahrhunderts erkannt worden. Bacon hat das Verdienst (1664) gehabt, in seiner berühmten Historia naturalis et experimentalis de ventis die Richtung der Winde in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur und den Hydrometeoren zu betrachten; aber, die Richtigkeit des kopernikanischen Systems unmathematisch leugnend, fabelte er von der Möglichkeit, „daß unsere Atmosphäre sich auf gleiche Weise als der Himmel täglich um die Erde drehen und so den tropischen Ostwind veranlassen könne".

Hookes allumfassendes Genie verbreitete auch hier wieder Gesetzmäßigkeit und Licht.[218] Er erkannte den Einfluß der Rotation der Erde, wie die oberen und unteren Strömungen warmer und kalter Luft, vom Aequator zu den Polen, und von diesen zum Aequator zurückkehrend. Galilei hatte in seinem letzten Dialogo allerdings auch die Passatwinde als Folge der Rotation der Erde betrachtet; aber das Zurückbleiben der Luftteile innerhalb der Tropen gegen die Rotationsgeschwindigkeit der Erde schrieb er einer dunstlosen Reinheit der Luft zwischen den Wendekreisen zu.[219] Hookes richtigere Ansicht ist spät erst im 18. Jahrhundert von Halley wiederum aufgenommen und in Hinsicht auf die Wirkung der jedem Paralleltreise zugehörigen Umdrehungsgeschwindigkeit umständlicher und befriedigend erläutert worden. Hallen, durch seinen

langen Aufenthalt in der heißen Zone dazu veranlaßt, hatte früher (1686) eine treffliche empirische Arbeit über die geographische Verbreitung der Passate (trade-winds und monsoons) geliefert. Es ist zu verwundern, daß er in seinen magnetischen Expeditionen des für die gesamte Meteorologie so wichtigen Drehungsgesetzes der Winde gar nicht erwähnt, da es doch durch Bacon und Johann Christian Sturm aus Hippolstein (nach Brewster[220] den eigentlichen Erfinder des Differentialthermometers) in allgemeinen Zügen erkannt war.

In dem glänzenden Zeitalter der Gründung einer mathematischen Naturphilosophie fehlte es auch nicht an Versuchen, die Luftfeuchtigkeit in ihrem Zusammenhange mit den Veränderungen der Temperatur und der Windesrichtung zu erforschen. Die Academia del Cimento hatte den glücklichen Gedanken, die Dampfmenge durch Verdunstung und Niederschlag zu bestimmen. Das älteste Florentiner Hygrometer war demnach ein Kondensationshygrometer, ein Apparat, in welchem die Menge des niedergeschlagenen ablaufenden Wassers durch Abwägen bestimmt wurde. Diesem Kondensationshygrometer, das durch Benutzung der Ideen von le Roy in unseren Tagen zu den genauen psychrometrischen Methoden von Dalton, Daniell und August allmählich geleitet hat, gesellten sich, schon nach Leonardo da Vincis Vorgange, Absorptionshygrometer aus Substanzen des Tier- und Pflanzenreiches von Santori (1625), Torricelli (1646) und Molineux bei. Darmsaiten und Grannen von Gräsern wurden fast gleichzeitig angewandt. Solche Instrumente, welche sich auf die Absorption der in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdämpfe durch organische Stoffe gründeten, waren mit Zeigern und kleinen Gegengewichten versehen, der Konstruktion nach den Saussureschen und Delucschen Haar- und Fischbeinhygrometern sehr ähnlich; aber es fehlte bei den Instrumenten des 17. Jahrhunderts die zur Vergleichung und zum Verständnis der Resultate so notwendige und endlich durch Regnault erreichte Bestimmung fester Punkte der Trockenheit und Nässe, minder die Empfindlichkeit bei langer Dauer der angewandten hygrometrischen Substanzen. Pictet fand in einem Saussureschen Hygrometer befriedigend empfindlich das Haar einer Guanschen Mumie von Teneriffa, die vielleicht an 1000 Jahre alt war.

Der elektrische Prozeß ward als Wirkung einer eigenen, wenngleich der magnetischen verwandten Naturkraft von William Gilbert erkannt. Das Buch, in welchem diese

Ansicht zuerst ausgesprochen, ja die Worte elektrische Kraft, elektrische Ausflüsse, elektrische Anziehung zuerst[221] gebraucht sind, ist die oft genannte im Jahre 1600 erschienene Physiologie vom Magnete und von dem Erdkörper als einem großen Magnet (De magno magnete tellure). „Die Fähigkeit," sagt Gilbert, „gerieben, leichte Stoffe, welcher Natur sie auch seien, anzuziehen, ist nicht dem Bernstein allein eigen, der ein verdickter Erdsaft ist, welchen die Meereswogen aufwühlen und in dem fliegende Insekten, Ameisen und Gewürme wie in ewigen Gräbern (aeternis sepulchris) eingekerkert liegen. Die Ziehkraft gehört einer ganzen Klasse von sehr verschiedenen Substanzen an, wie Glas, Schwefel, Siegellack und allen Harzen, dem Bergkristall und allen Edelsteinen, dem Alaun und dem Steinsalze." Die Stärke der erregten Elektrizität mißt Gilbert an einer nicht eisernen kleinen Nadel, die sich auf einem Stifte frei bewegt (versorium electricum), ganz dem Apparate ähnlich, dessen sich Hauy und Brewster bei Prüfung der Elektrizität geriebener und erwärmter Mineralien bedienten. „Die Reibung," sagt Gilbert weiter, „bringt stärkere Wirkungen hervor bei trockener als bei feuchter Luft; das Reiben mit seidenen Tüchern ist am vorteilhaftesten befunden. Die Erdkugel wird wie durch eine elektrische Kraft(?) zusammengehalten (globus telluris per se electrice congregatur et cohaeret); denn das elektrische Streben geht auf bindende Anhäufung aus (motus electricus est motus coacervationis materiae)." In diesen dunkeln Axiomen liegt ausgedrückt die Ansicht einer tellurischen Elektrizität, die Aeußerung einer Kraft, welche, wie der Magnetismus, der Materie als solcher angehört. Von Abstoßung, von Unterschied zwischen Isolatoren und Leitern ist noch keine Rede.

Mehr als bloße Anziehungserscheinungen beobachtete zuerst der sinnige Erfinder der Luftpumpe, Otto von Guericke. In seinen Versuchen mit einem geriebenen Schwefelkuchen erkannte er Phänomene der Abstoßung und solche, die später auf die Gesetze der Wirkungskreise und Verteilung der Elektrizität geleitet haben. Er hörte das erste Geräusch, sah das erste Licht in selbsthervorgerufener Elektrizität. In einem Versuche, welchen Newton 1675 anstellte, zeigten sich die ersten Spuren der elektrischen Ladung an einer geriebenen Glasplatte. Wir haben hier bloß nach den ersten Keimen des elektrischen Wissens geforscht, das in seiner großen, sonderbar

verspäteten Entwickelung nicht bloß einer der wichtigsten Teile der Meteorologie geworden ist, sondern auch, seitdem man gelernt, daß der Magnetismus eine der vielfachen Formen ist, unter denen die Elektrizität sich offenbart, so vieles von dem inneren Treiben der Erdkräfte aufgehellt hat.

Wenngleich schon Wall (1708), Stephan Gray (1734) und Nollet die Identität der Reibungselektrizität und des Blitzes vermuteten, so wurde die empirische Gewißheit doch erst um die Mitte des 18. Jahrhunderts durch die glücklichen Bestrebungen des edeln Benjamin Franklin erlangt. Von dem Zeitpunkte an trat der elektrische Prozeß aus dem Gebiet der spekulativen Physik in das Gebiet kosmischer Naturanschauung, aus dem Studierzimmer in das Freie. Die Lehre von der Elektrizität hat, wie die Optik und wie der Magnetismus, lange Epochen überaus schwacher Entwickelung gehabt, bis in den eben genannten drei Disziplinen die Arbeiten von Franklin und Volta, Thomas Young und Malus, Oersted und Faraday die Zeitgenossen zu einer bewundernswürdigen Thätigkeit anregten. An solchen Wechsel von Schlummer und plötzlich erweckter Thätigkeit ist der Fortschritt des menschlichen Wissens geknüpft.

Sind aber auch, wie wir eben entwickelt, durch die Erfindung geeigneter, obgleich noch sehr unvollkommener, physikalischer Werkzeuge und durch den Scharfblick von Galilei, Torricelli und der Mitglieder der Academia del Cimento die Temperaturverhältnisse, der wechselnde Luftdruck und die Dunstmenge der Atmosphäre ein Gegenstand unmittelbarer Forschung geworden, so ist dagegen alles, was die chemische Zusammensetzung des Luftkreises betrifft, in Dunkel gehüllt geblieben. Allerdings sind die Grundlagen der pneumatischen Chemie durch Johann Baptist van Helmont und Jean Rey in der ersten, durch Hooke, Mayow, Boyle und den dogmatisierenden Becher in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts gelegt worden; aber so auffallend auch die richtige Auffassung einzelner und wichtiger Erscheinungen ist, fehlte doch die Einsicht in ihren Zusammenhang. Der alte Glaube an die elementarische Einfachheit der auf Verbrennung, Oxydation der Metalle und das Atmen wirkenden Luft war ein schwer zu überwindendes Hindernis.

Die entzündlichen oder lichtverlöschenden Gasarten in Höhlen und Bergwerken (die spiritus letales des Plinius), das Entweichen dieser Gasarten in Form von Bläschen in

Sümpfen und Mineralquellen, also Grubenwetter und Brunnengeister, hatten schon die Aufmerksamkeit des Erfurter Benediktiners Basilius Valentinus (wahrscheinlich aus dem Ende des 15. Jahrhunderts) und des Libavius (1612), eines Bewunderers des Paracelsus, gefesselt. Man verglich, was man in alchimistischen Laboratorien zufällig bemerkte, mit dem, was man in den großen Werkstätten der Natur, besonders im Inneren der Erde, bereitet sah. Bergbau auf erzführenden Lagerstätten (vorzüglich auf schwefelkieshaltigen, die sich durch Oxydation und Kontaktelektrizität erwärmen) führte zu Ahnungen über den chemischen Verkehr zwischen Metall, Säure und zutretender äußerer Luft. Schon Paracelsus, dessen Schwärmereien in die Epoche der ersten Eroberung von Amerika fallen, bemerkte die Gasentwickelung während der Auflösung von Eisen in Schwefelsäure. Van Helmont, welcher sich zuerst des Wortes Gase bedient hat, unterscheidet dieselben von der atmosphärischen Luft, und wegen ihrer Nichtkondensierbarkeit auch von den Dämpfen. Die Wolken sind ihm Dämpfe, sie werden zu Gas bei sehr heiterem Himmel „durch Kälte und den Einfluß der Gestirne". Gas kann nur zu Wasser werden, wenn es vorher wiederum in Dampf verwandelt ist. Das sind Ansichten über den meteorologischen Prozeß aus der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts. Van Helmont kennt noch nicht das einfache Mittel, sein Gas sylvestre (unter diesem Namen begriff er alle unentzündbaren, die Flamme und das Atmen nicht unterhaltenden, von der reinen atmosphärischen Luft verschiedenen Gase) aufzufangen und abzusondern; doch ließ er ein Licht unter einem durch Wasser abgesperrten Gefäße brennen, und bemerkte, als die Flamme erlosch, das Eindringen des Wassers und die Abnahme des Luftvolums. Auch durch Gewichtsbestimmungen, die wir schon bei Cardanus finden, suchte van Helmont zu beweisen, daß sich alle festen Teile der Vegetabilien aus Wasser bilden.

Die mittelalterlichen alchimistischen Meinungen von der Zusammensetzung der Metalle, von ihrer glanzzerstörenden Verbrennung (Einäscherung, Vererdung und Verkalkung) unter Zutritt der Luft regten an, zu erforschen, was diesen Prozeß begleite, welche Veränderung die sich verkalkenden oder vererdenden Metalle und die mit ihnen in Kontakt tretende Luft erleiden. Schon Cardanus hatte (1553) die Gewichtszunahme bei der Oxydation des Bleies wahrgenommen und

sie, ganz im Sinne der Mythe vom Phlogiston, einer entweichenden, leichtmachenden „himmlischen Feuermaterie“ zugeschrieben; aber erst 80 Jahre später sprach Jean Rey, ein überaus geschickter Experimentator zu Bergerac, der mit größerer Genauigkeit die Gewichtszunahme der Metallkalke des Bleies, des Zinnes und des Antimons erforscht hatte, das wichtige Resultat aus, die Gewichtszunahme sei dem Zutritt der Luft an den Metallkalk zuzuschreiben. „Je responds et soustiens glorieusement,“ sagte er,[222] „que ce surcroit de poids vient de l'air qui dans le vase a esté espessi.“

Man war nun auf den Weg geraten, der zur Chemie unserer Tage und durch sie zur Kenntnis eines großen kosmischen Phänomens, des Verkehrs zwischen dem Sauerstoff der Atmosphäre und dem Pflanzenleben, führen sollte. Die Gedankenverbindung aber, die sich ausgezeichneten Männern darbot, war zunächst von sonderbar komplizierter Natur. Gegen das Ende des 17. Jahrhunderts trat, dunkel bei Hooke in seiner Micrographia (1665), ausgebildeter bei Mayow (1669) und bei Willis (1671), ein Glaube an salpetrige Partikeln (spiritus nitro-aëreus, pabulum nitrosum) auf, welche, mit den im Salpeter fixierten identisch, in der Luft enthalten und das Bedingende in den Verbrennungsprozessen sein sollten. „Es wurde behauptet, das Erlöschen der Flamme im geschlossenen Raume finde nicht deshalb statt, weil die vorhandene Luft mit Dämpfen aus dem brennenden Körper übersättigt werde, sondern das Erlöschen sei eine Folge der gänzlichen Absorption des ursprünglich in der Luft enthaltenen salpetrigen spiritus nitro-aëreus.“ Das plötzliche Beleben der Glut, wenn schmelzender (Sauerstoffgas ausstoßender) Salpeter auf Kohle gestreut wird, und das sogenannte Auswittern des Salpeters an Thonwänden im Kontakt mit der Atmosphäre scheinen diese Meinung gleichzeitig begünstigt zu haben. Die salpetrigen Partikeln der Luft bedingen, nach Mayow, das Atmen der Tiere, dessen Folge die Hervorbringung tierischer Wärme und Entschwärzung des Blutes ist, sie bedingen alle Verbrennungsprozesse und die Verkalkung der Metalle, sie spielen ungefähr die Rolle des Sauerstoffes in der antiphlogistischen Chemie. Der vorsichtig zweifelnde Robert Boyle erkannte zwar, daß die Anwesenheit eines gewissen Bestandteiles der atmosphärischen Luft zum Verbrennungsprozesse notwendig sei, aber er blieb ungewiß über die salpetrige Natur desselben.

Der Sauerstoff war für Hoole und Mayow ein ideeller

Gegenstand, eine Fiktion der Gedankenwelt. Als Gas sah den Sauerstoff zuerst der scharfsinnige Chemiker und Pflanzenphysiolog Hales aus dem Blei, das er zu Mennige verkalkte, bei starker Hitze in großer Menge (1727) entweichen. Er sah das Entweichen, ohne die Natur der Luftart zu untersuchen oder das lebhafte Brennen der Flamme in derselben zu bemerken. Hales ahnte nicht die Wichtigkeit der Substanz, die er bereitet hatte. Die lebhafte Lichtentwickelung brennender Körper im Sauerstoffgas und die Eigenschaften desselben wurden — wie viele behaupten, ganz unabhängig [223] — von Priestley (1772 bis 1774), von Scheele (1774 und 1775), und von Lavoisier und Trudaine (1775) entdeckt.

Die Anfänge der pneumatischen Chemie sind in diesen Blättern, ihrem historischen Zusammenhange nach, berührt worden, weil sie, wie die schwachen Anfänge des elektrischen Wissens, das vorbereitet haben, was das folgende Jahrhundert an großen Ansichten über die Konstitution des Luftkreises und dessen meteorologische Veränderungen hat offenbaren können. Die Idee spezifisch verschiedener Gasarten wurde im 17. Jahrhundert denen, welche diese Gasarten erzeugten, nie völlig klar. Man fing wieder an, den Unterschied zwischen der atmosphärischen Luft und den irrespirabeln, lichtverlöschenden oder entzündlichen Gasarten der Einmengung von gewissen Dünsten ausschließlich zuzuschreiben. Black und Cavendish erwiesen erst 1766, daß Kohlensäure (fixe Luft) und Wasserstoffgas (brennbare Luft) spezifisch verschiedene luftförmige Flüssigkeiten sind. So lange hatte der uralte Glaube an die elementare Einfachheit des Luftkreises jeden Fortschritt des Wissens gelähmt. Die endliche Ergründung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre (die feinste Bestimmung ihrer quantitativen Verhältnisse durch die schönen Arbeiten von Boussingault und Dumas) ist einer der Glanzpunkte der neueren Meteorologie.

Die hier fragmentarisch geschilderte Erweiterung des physikalischen und chemischen Wissens konnte nicht ohne Einfluß bleiben auf die früheste Ausbildung der Geognosie. Ein großer Teil der geognostischen Fragen, mit deren Lösung sich unser Zeitalter beschäftigt, wurde durch einen Mann von den umfassendsten Kenntnissen, den großen dänischen Anatomen Nikolaus Steno (Stenson), welchen der Großherzog von Toskana Ferdinand II. in seine Dienste berief, durch einen anderen (englischen) Arzt, Martin Lister, und den „würdigen Nebenbuhler Newtons", Robert Hooke, angeregt. Von Stenos Ver-

diensten um die Positions- oder Lagerungsgeognosie habe ich umständlicher in einem anderen Werke gehandelt. Allerdings hatten schon Leonardo da Vinci gegen das Ende des 15. Jahrhunderts (wahrscheinlich, indem er in der Lombardei Kanäle anlegte, welche Schuttland und Tertiärschichten durchschnitten), Fracastoro (1517) bei Gelegenheit zufällig entblößter fischreicher Gesteinschichten im Monte Bolca bei Verona, und Bernard Palissy bei seinen Nachforschungen über die Springbrunnen (1563) das Dasein einer untergegangenen ozeanischen Tierwelt in ihren hinterlassenen Spuren erkannt. Leonardo, wie im Vorgefühl einer philosophischeren Einteilung tierischer Gestaltung, nennt die Konchylien „animali che hanno l'ossa di fuori". Steno, in seinem Werke „Ueber das in den Gesteinen Enthaltene" (De Solido intra Solidum naturaliter contento), unterscheidet (1669) „Gesteinschichten (uranfängliche?), die sich früher erhärtet haben, als es Pflanzen und Tiere gab, und daher nie organische Reste enthalten, von Sedimentschichten (turbidi maris sedimenta sibi invicem imposita), welche untereinander abwechseln und jene bedecken. Alle versteinerungshaltigen Niederschlagsschichten waren ursprünglich horizontal gelagert. Ihre Neigung (Fallen) ist entstanden teils durch den Ausbruch unterirdischer Dämpfe, welche die Centralwärme (ignis in medio terrae) erzeugt, teils durch das Nachgeben von schwach unterstützenden unteren Schichten. Die Thäler sind die Folge der Umstürzung."

Stenos Theorie der Thalformen ist die von Deluc, während Leonardo da Vinci, wie Cuvier, die Thäler durch ablaufende Fluten einfurchen läßt. In der geognostischen Beschaffenheit des Bodens von Toskana erkennt Steno Umwälzungen, welche sechs großen Naturepochen zugeschrieben werden müssen (sex sunt distinctae Etruriae facies, ex praesenti facie Etruriae collectae). Sechsmal nämlich ist periodisch das Meer eingebrochen und hat sich, erst nach langem Verbleiben im Inneren des Landes, in seine alten Grenzen zurückgezogen. Alle Petrefakte gehören aber nicht dem Meere an; Steno unterscheidet die pelagischen von den Süßwasserpetrefakten. Scilla (1670) gab Abbildungen von den Versteinerungen von Kalabrien und Malta. Unter den letzteren hat unser großer Zergliederer und Zoologe Johannes Müller die älteste Abbildung der Zähne des riesenhaften Hydrarchus (Zeuglodon cetoides von Owen) von Alabama, eines Säugetieres

aus der großen Ordnung der Cetaceen, entdeckt,[224] Zähne, deren Krone wie bei den Seehunden gestaltet ist.

Lister stellte schon (1678) die wichtige Behauptung auf, daß jede Gebirgsart durch eigene Fossilien charakterisiert ist, und daß „die Arten von Murex, Tellina und Trochus, welche in den Steinbrüchen von Northamptonshire vorkommen, zwar denen der heutigen Meere ähnlich, aber, genauer untersucht, von diesen verschieden gefunden werden". Es seien, sagt er, spezifisch andere. Die strengen Beweise von der Richtigkeit so großartiger Ahnungen konnten freilich, bei dem unvollkommenen Zustande der beschreibenden Morphologie, nicht gegeben werden. Wir bezeichnen ein früh aufdämmerndes, bald wieder ersticktes Licht vor den herrlichen paläontologischen Arbeiten von Cuvier und Alexander Brongniart, welche der Geognosie der Sedimentformationen eine neue Gestaltung gegeben haben. Lister, aufmerksam auf die regelmäßige Reihenfolge der Schichten in England, fühlte zuerst das Bedürfnis geognostischer Karten. Wenngleich diese Erscheinungen und ihr Zusammenhang mit alten Ueberflutungen (einer einmaligen oder mehrfachen) das Interesse fesselten und, Glauben und Wissen miteinander vermengend, die sogenannten Systeme von Ray, Woodward, Burnet und Whiston in England erzeugten, so blieb doch, bei gänzlichem Mangel *mineralogischer* Unterscheidung in den Bestandteilen zusammengesetzter Gebirgsarten, alles, was das kristallinische und *massige Eruptionsgestein* und seine Umwandlung betrifft, unbearbeitet. Trotz der Annahme einer Centralwärme des Erdkörpers wurden Erdbeben, heiße Quellen und vulkanische Ausbrüche nicht als Folgen der Reaktion des Planeten gegen seine äußere Rinde angesehen, sondern kleinlichen Lokalursachen, z. B. der Selbstentzündung von Schwefelkieslagern, zugeschrieben. Spielende Versuche von Lemery (1700) sind, leider! von langdauerndem Einfluß auf vulkanische Theorieen geblieben, wenngleich die letzteren durch die phantasiereiche *Protogaea* von Leibniz (1680) zu allgemeineren Ansichten hätten erhoben werden können.

Die *Protogaea*, bisweilen dichterischer als die vielen jetzt eben bekannt gewordenen metrischen Versuche desselben Philosophen,[225] lehrt „die Verschlackung der kavernösen, glühenden, einst selbständig leuchtenden Erdrinde, die allmähliche Abkühlung der in Dämpfe gehüllten wärmestrahlenden Oberfläche, den Niederschlag und die Verdichtung der allmählich erkalteten Dampfatmosphäre zu Wasser, das Sinken des Meeresspiegels

durch Eindringen der Wasser in die inneren Erdhöhlen, endlich den Einsturz dieser Höhlen, welche das Fallen der Schichten (ihre Neigung gegen den Horizont) veranlaßt". Der physische Teil dieses wilden Phantasiebildes bietet einige Züge dar, welche den Anhängern der neuen, nach allen Richtungen mehr ausgebildeten Geognosie nicht verwerflich scheinen werden. Dahin gehören die Bewegung der Wärme im Inneren des Erdkörpers und die Abkühlung mittels der Ausstrahlung durch die Oberfläche, die Existenz einer Dampfatmosphäre, der Druck, welchen diese Dämpfe während der Konsolidierung der Schichten auf letztere ausüben, der doppelte Ursprung der Massen, als geschmolzen und erstarrt oder aus den Gewässern niedergeschlagen. Von dem typischen Charakter und dem mineralogischen Unterschiede der Gebirgsarten, d. h. der in den entferntesten Gegenden wiederkehrenden Assoziationen gewisser, meist kristallisierter Substanzen, ist in der Protogaea so wenig die Rede wie in Hookes geognostischen Ansichten. Auch bei diesem haben die physischen Spekulationen über die Wirkung unterirdischer Kräfte im Erdbeben, in der plötzlichen Hebung des Meeresbodens und der Küstenländer, in der Entstehung von Inseln und Bergen die Oberhand. Die Natur der organischen Ueberreste der Vorwelt leitete ihn sogar auf die Vermutung, daß die gemäßigte Zone früher die Wärme des tropischen Klimas müsse genossen haben.

Es bleibt noch übrig, der größten aller geognostischen Erscheinungen zu gedenken, der mathematischen Gestalt der Erde, in welcher die Zustände der Urzeit sich erkennbar abspiegeln, die Flüssigkeit der rotierenden Masse und ihre Erhärtung als Erdsphäroid. In seinen Hauptzügen, freilich nicht genau in den numerischen Angaben des Verhältnisses zwischen der Polar- und Aequatorialachse, wurde das Bild der Erdgestaltung am Ende des 17. Jahrhunderts entworfen. Picards Gradmessung, mit von ihm selbst vervollkommneten Meßinstrumenten (1670) ausgeführt, ist um so wichtiger gewesen, als sie zuerst Newton veranlaßte, seine schon 1666 aufgefundene und später vernachlässigte Gravitationstheorie wiederum mit erneuertem Eifer aufzunehmen, weil sie dem tiefsinnigen und glücklichen Forscher die Mittel zu beweisen darbot, wie die Anziehung der Erde den durch die Schwungkraft umgetriebenen Mond in seiner Bahn erhalte. Die viel früher erkannte Abplattung des Jupiter hatte, wie man glaubt, Newton angeregt, über die Ursache einer solchen von der Sphärizität abweichen

den Erscheinung nachzudenken. Den Versuchen über die wahre Länge des Sekundenpendels zu Cayenne von Richer (1673) und an der westlichen afrikanischen Küste von Varin waren andere, weniger entscheidende zu London, Lyon und Bologna in 7° Breitenunterschied vorhergegangen. Die Abnahme der Schwere vom Pol zum Aequator, welche lange noch selbst Picard geleugnet, wurde nun allgemein angenommen. Newton erkannte die Polarabplattung der Erde und ihre sphäroidische Gestalt als eine Folge der Rotation; er wagte sogar unter der Voraussetzung einer homogenen Masse das Maß dieser Erdabplattung numerisch zu bestimmen. Es blieb den verglichenen Gradmessungen des 18. und 19. Jahrhunderts unter dem Aequator, dem Nordpol nahe und in den gemäßigten Zonen beider Halbkugeln, der südlichen und nördlichen, vorbehalten, dieses Maß der mittleren Abplattung und so die wahre Figur der Erde genau zu erörtern. Die Existenz der Abplattung selbst verkündigt, wie schon in dem Naturgemälde bemerkt[226] worden ist, was man die älteste aller geognostischen Begebenheiten nennen kann, den Zustand der allgemeinen Flüssigkeit eines Planeten, seine frühere und spätere Erhärtung.

Wir haben die Schilderung des großen Zeitalters von Galilei und Kepler, Newton und Leibniz mit den Entdeckungen in den Himmelsräumen durch das neuerfundene Fernrohr begonnen. Wir endigen mit der Erdgestaltung, wie sie aus theoretischen Schlüssen erkannt worden ist. „Newton erhob sich zu der Erklärung des Weltsystems, weil es ihm glückte, die Kraft zu finden, von deren Wirkung die Keplerschen Gesetze die notwendige Folge sind, und welche den Erscheinungen entsprechen mußte, indem diese Gesetze ihnen entsprachen und sie vorherverkündigten.“ Die Auffindung einer solchen Kraft, deren Dasein Newton in seinem unsterblichen Werke der Prinzipien (einer allgemeinen Naturlehre) entwickelt hat, ist fast gleichzeitig gewesen mit den durch die Infinitesimalrechnung eröffneten Wegen zu neuen mathematischen Entdeckungen. Die Geistesarbeit zeigt sich in ihrer erhabensten Größe da, wo sie, statt äußerer materieller Mittel zu bedürfen, ihren Glanz allein von dem erhält, was der mathematischen Gedankenentwickelung, der reinen Abstraktion entquillt. Es wohnet inne ein fesselnder, von dem ganzen Altertum gefeierter Zauber in der Anschauung mathematischer Wahrheiten, der ewigen Verhältnisse der Zeit und des Raumes, wie sie sich

in Tönen und Zahlen und Linien offenbaren. Die Vervollkommnung eines geistigen Werkzeuges der Forschung, der Analysis, hat die gegenseitige Befruchtung der Ideen, welche ebenso wichtig als der Reichtum ihrer Erzeugung ist, mächtig befördert. Sie hat der physischen Weltanschauung in ihrer irdischen und himmlischen Sphäre (in den periodischen Schwankungen der Oberfläche des Weltmeeres, wie in den wechselnden Störungen der Planeten) neue Gebiete von ungemessenem Umfange eröffnet.

VIII.

Rückblick auf die Reihenfolge der durchlaufenen Perioden. — Einfluß äußerer Ereignisse auf die sich entwickelnde Erkenntnis des Weltganzen. Vielseitigkeit und innere Verkettung der wissenschaftlichen Bestrebungen in der neuesten Zeit. Die Geschichte der physischen Wissenschaften schmilzt allmählich mit der Geschichte des Kosmos zusammen.

Ich nähere mich dem Ende eines vielgewagten, inhaltsschweren Unternehmens. Mehr als zwei Jahrtausende sind durchlaufen worden, von den frühen Zuständen der Kultur unter den Völkern, die das Becken des Mittelmeeres und die fruchtbaren Stromgebiete des westlichen Asiens umwohnten, bis zu dem Anfange des letztverflossenen Jahrhunderts, also bis zu einer Zeit, in der Ansichten und Gefühle sich schon mit den unserigen verschmelzen. Ich habe in sieben scharf voneinander geschiedenen Abteilungen, gleichsam in der Reihenfolge von ebensoviel einzelnen Gemälden, die Geschichte der physischen Weltanschauung, d. h. die Geschichte der sich allmählich entwickelnden Erkenntnis des Weltganzen, darzustellen geglaubt. Ob es einigermaßen gelungen ist, die Masse des angehäuften Stoffes zu beherrschen, den Charakter der Hauptepochen aufzufassen, die Wege zu bezeichnen, auf denen Ideen und Gesittung zugeführt worden sind, darf, in gerechtem Mißtrauen der ihm übrig gebliebenen Kräfte, der nicht entscheiden, dem mit Klarheit nur in allgemeinen Zügen der Entwurf zu einem so großen Unternehmen vor der Seele schwebte.

Ich habe bereits in dem Eingange zu der arabischen Epoche, als ich den mächtigen Einfluß zu schildern begann, den ein der europäischen Civilisation eingemischtes fremdartiges Element ausgeübt, die Grenze angegeben, über welche hinaus die Geschichte des Kosmos mit der der physischen Wissen-

schaften zusammenfällt. Die geschichtliche Erkenntnis der allmählichen Erweiterung des Naturwissens in beiden Sphären, der Erd- und Himmelskunde, ist nach meiner Ansicht an bestimmte Perioden, an gewisse räumlich und intellektuell wirkende Ereignisse gebunden, die jenen Perioden Eigentümlichkeit und Färbung verleihen. Solche Ereignisse waren die Unternehmungen, welche in den Pontus führten und jenseits des Phasis ein anderes Seeufer ahnen ließen; die Expeditionen nach tropischen Gold- und Weihrauchländern; die Durchschiffung der westlichen Meerenge, oder Eröffnung der großen maritimen Völkerstraße, auf der in langen Zeitabständen Cerne und die Hesperiden, die nördlichen Zinn- und Bernsteininseln, die vulkanischen Azoren und der neue Kontinent des Kolumbus, südlich von den alten skandinavischen Ansiedelungen, entdeckt wurden. Auf die Bewegungen, welche aus dem Becken des Mittelmeeres und dem nördlichsten Ende des nahen Arabischen Meerbusens ausgingen, auf die Pontus- und Ophirfahrten, folgen in meiner historischen Schilderung die Heerzüge des Macedoniers und sein Versuch, den Westen mit dem Osten zu verschmelzen, die Wirkungen des indischen Seehandels und der alexandrinischen Institute unter den Lagiden, die Weltherrschaft der Römer unter den Cäsaren, der folgenreiche Hang der Araber zum Verkehr mit der Natur und ihren Kräften, zu astronomischem, mathematischem und praktisch-chemischem Wissen. Mit der Besitznahme einer ganzen Erdhälfte, welche verhüllt lag, mit den größten Entdeckungen im Raume, welche je den Menschen geglückt, ist für mich die Reihe der Ereignisse und Begebenheiten geschlossen, welche plötzlich den Horizont der Ideen erweitert, zum Erforschen von physischen Gesetzen angeregt, das Streben nach dem endlichen Erfassen des Weltganzen belebt haben. Die Intelligenz bringt fortan, wie wir schon oben angedeutet, Großes ohne Anregung durch Begebenheiten, als Wirkung eigener innerer Kraft, gleichzeitig nach allen Richtungen hervor.

Unter den Werkzeugen, gleichsam neuen Organen, die der Mensch sich geschaffen und welche das sinnliche Wahrnehmungsvermögen erhöhen, hat eines jedoch wie ein plötzliches Ereignis gewirkt. Durch die raumdurchdringende Eigenschaft des Fernrohrs wird, fast wie auf einmal, ein beträchtlicher Teil des Himmels erforscht, die Zahl der erkannten Weltkörper vermehrt, ihre Gestaltung und Bahn zu bestimmen versucht. Die Menschheit gelangt jetzt erst in den Besitz der „himm-

lischen Sphäre" des Kosmos. Ein siebenter Abschnitt der Geschichte der Weltanschauung konnte auf die Wichtigkeit dieser Besitznahme und auf die Einheit der Bestrebungen gegründet werden, welche der Gebrauch des Fernrohrs hervorrief. Vergleichen wir mit der Erfindung dieses optischen Werkzeuges eine andere große Erfindung und zwar der neueren Zeit, die der Voltaschen Säule, wie den Einfluß, welchen dieselbe auf die scharfsinnige elektrochemische Theorie, auf die Darstellung der Alkali- und Erdmetalle und auf die lange ersehnte Entdeckung des Elektromagnetismus ausgeübt, so gelangen wir an eine Verkettung nach Willkür hervorzurufender Erscheinungen, welche nach vielen Seiten tief in die Erkenntnis des Waltens der Naturkräfte eingreift, aber mehr einen Abschnitt in der Geschichte der physischen Disziplinen als unmittelbar in der Geschichte der kosmischen Anschauungen bildet. Eben diese vielseitige Verknüpfung alles jetzigen Wissens erschwert die Absonderung und Umgrenzung des Einzelnen. Den Elektromagnetismus haben wir ja neuerlichst selbst auf die Richtung des polarisierten Lichtstrahls wirken sehen, Modifikationen hervorbringend wie chemische Mischungen. Wo durch die Geistesarbeit des Jahrhunderts alles im Werden begriffen scheint, ist es ebenso gefahrvoll, in den intellektuellen Prozeß einzugreifen und das unaufhaltsam Fortschreitende wie am Ziele angelangt zu schildern, als, bei dem Bewußtsein eigener Beschränktheit, sich über die relative Wichtigkeit ruhmvoller Bestrebungen der Mitlebenden oder Nächsthingeschiedenen auszusprechen.

In den historischen Betrachtungen habe ich fast überall bei Angabe der frühen Keime des Naturwissens den Grad der Entwickelung bezeichnet, zu dem sie in der neuesten Zeit gelangt sind. Der dritte und letzte Teil meines Werkes liefert zur Erläuterung des allgemeinen *Naturgemäldes* die Ergebnisse der Beobachtung, auf welche der jetzige Zustand wissenschaftlicher Meinung hauptsächlich gegründet ist. Vieles, das man nach anderen Ansichten der Komposition eines *Buches von der Natur*, als die meinigen sind, hier vermissen kann, wird dort seinen Platz finden. Durch den Glanz neuer Entdeckungen angeregt, mit Hoffnungen genährt, deren Täuschung oft erst spät eintritt, wähnt jedes Zeitalter dem Kulminationspunkte im Erkennen und Verstehen der Natur nahe gelangt zu sein. Ich bezweifle, daß bei ernstem Nachdenken ein solcher Glaube den Genuß der Gegenwart wahrhaft erhöhe.

Belebender und der Idee von der großen Bestimmung unseres Geschlechtes angemessener ist die Ueberzeugung, daß der eroberte Besitz nur ein sehr unbeträchtlicher Teil von dem ist, was bei fortschreitender Thätigkeit und gemeinsamer Ausbildung die freie Menschheit in den kommenden Jahrhunderten erringen wird. Jedes Erforschte ist nur eine Stufe zu etwas Höherem in dem verhängnisvollen Laufe der Dinge.

Was die Fortschritte der Erkenntnis in dem 19. Jahrhundert besonders befördert und den Hauptcharakter der Zeit gebildet hat, ist das allgemeine und erfolgreiche Bemühen, den Blick nicht auf das Neuerrungene zu beschränken, sondern alles früher Berührte nach Maß und Gewicht streng zu prüfen, das bloß aus Analogieen Geschlossene von dem Gewissen zu sondern, und so einer und derselben strengen kritischen Methode alle Teile des Wissens: physikalische Astronomie, Studium der irdischen Naturkräfte, Geologie und Altertumskunde zu unterwerfen. Die Allgemeinheit eines solchen kritischen Verfahrens hat besonders dazu beigetragen, die jedesmaligen Grenzen der einzelnen Wissenschaften kenntlich zu machen, ja die Schwäche gewisser Disziplinen aufzudecken, in denen unbegründete Meinungen als Thatsachen, symbolisierende Mythen unter alten Firmen als ernste Theorieen auftreten. Unbestimmtheit der Sprache, Uebertragung der Nomenklatur aus einer Wissenschaft in die andere haben zu irrigen Ansichten, zu täuschenden Analogieen geführt. Die Zoologie ist lange in ihren Fortschritten dadurch gefährdet worden, daß man in den unteren Tierklassen alle Lebensthätigkeiten an gleichgestaltete Organe wie in den höchsten Tierklassen gebunden glaubte. Noch mehr ist die Kenntnis von der Entwickelungsgeschichte der Pflanzen in den sogenannten kryptogamischen Kormophyten (den Laub- und Lebermoosen, Farnen, Lykopodiaceen) oder in den noch niedrigeren Thallophyten (Algen, Flechten, Pilzen) dadurch verdunkelt worden, daß man überall Analogieen aus der geschlechtlichen Fortpflanzung des Tierreichs zu finden glaubte.

Wenn die Kunst innerhalb des Zauberkreises der Einbildungskraft, recht eigentlich innerhalb des Gemütes liegt, so beruhet dagegen die Erweiterung des Wissens vorzugsweise auf dem Kontakt mit der Außenwelt. Dieser wird bei zunehmendem Völkerverkehr mannigfaltiger und inniger zugleich. Das Erschaffen neuer Organe (Werkzeuge der Beobachtung) vermehrt die geistige, oft auch die physische Macht

des Menschen. Schneller als das Licht trägt in die weiteste Ferne Gedanken und Willen der geschlossene elektrische Strom. Kräfte, deren stilles Treiben in der elementarischen Natur, wie in den zarten Zellen organischer Gewebe, jetzt noch unseren Sinnen entgeht, werden, erkannt, benutzt, zu höherer Thätigkeit erweckt, einst in die unabsehbare Reihe der Mittel treten, welche der Beherrschung einzelner Naturgebiete und der lebendigeren Erkenntnis des Weltganzen näher führen.

Anmerkungen.

[1] (S. 99.) Im Sanskrit Reiß vrihi, Baumwolle karpása, Zucker 'sarkara, Narde nanartha. Ueber 'sarkara und kanda, wovon unser Zuckerkand, ſ. meine Prolegomena de distributione geographica Plantarum, 1817, p. 211: „Confudisse videntur veteres saccharum verum cum Tebaschiro Bambusae, tum quia utraque in arundinibus inveniuntur, tum etiam quia vox sanscredana *scharkara*, quae hodie (ut pers. *schakar* et hindost. *schukur*) pro saccharo nostro adhibetur, observante Boppio, ex auctoritate Amarasinhae, proprie nil dulce (*madu*) significat, sed quicquid lapidosum et arenaceum est, ac vel calculum vesicae. Verisimile igitur vocem *sharkara* initio dumtaxat tebaschirum (*saccar mombu*) indicasse, posterius in saccharum nostrum humilioris arundinis (*ikschu*, *kandekschu*, *kanda*) ex similitudine aspectus translatam esse. Vox Bambusae ex *mambu* derivatur; ex *kanda* nostratium voces *candis*, *zuckerkand*. In *tebaschiro* agnoscitur Persarum *schir*, h. e. lac, sanscr. *kschiram*.“ Der Sanskritname ſur tabaschir iſt tvakkschirâs = Rindemilch, Milch aus der Rinde (tvatsch.)

[2] (S. 101.) Bordj der Waſſernabel des Ormuzd: ungefähr da, wo das Himmelsgebirge (Thian-schan) an ſeinem weſtlichen Ende an den Bolor (Belurtagh) gangartig anſchart oder vielmehr dieſen unter dem Namen der Aſferahkette durchſetzt, nördlich von dem Hochlande Pamir (Upa-Mêru, Land über dem Meru.

[3] (S. 101.) Chronologiſche Angaben für Aegypten: „3900 Jahre vor Chr. Menes (auf das wenigſte, und wahrſcheinlich ziemlich genau), 3430 Anfang der vierten Dynaſtie (die Pyramidenbauer Chephren-Schafra, Cheops-Chufu und Mykerinos oder Menkera), 2200 Einfall der Hykſos unter der zwölften Dynaſtie, welcher Amenemha III., der Erbauer des urſprünglichen Labyrinths, zu gehört. Vor Menes (3900 vor Chr.) iſt doch wenigſtens noch ein Jahrtauſend für das allmähliche Wachstum jener, zum mindeſten 3430 Jahre vor unſerer Zeitrechnung ganz fertigen, ja zum Teil ſchon erſtarrten Kultur zu vermuten, wahrſcheinlich noch weit mehr.“ (Lepſius in mehreren Briefen an mich vom März 1846, alſo

nach der Rückkunft von seiner ruhmvollen Expedition.) Vergl. auch Bunsens Betrachtungen „über die Anfänge unserer sogenannten Weltgeschichte, welche streng genommen nur die der neueren Menschheit oder, wenn es von jenen Anfängen eine Geschichte geben sollte, die neuere Geschichte unseres Geschlechts ist", in dem geistreichen und gelehrten Werke: Aegyptens Stelle in der Weltgeschichte, 1845, erstes Buch, S. 11—13. Das historische Bewußtsein und die geregelte Chronologie der Chinesen steigen bis 2400, ja selbst 2700 Jahre vor unserer Zeitrechnung, weit über Ju bis zu Hoang-ty, hinauf. Viele litterarische Monumente sind aus dem 13. Jahrhundert; und im 12. Jahrhundert v. Chr. wurde laut dem Tscheu-li die Länge des Solstitialschattens bereits mit solcher Genauigkeit von Tscheu-kung in der südlich vom gelben Flusse erbauten Stadt Lo-yang gemessen, daß Laplace diese Länge ganz mit der Theorie von der Veränderung der Schiefe der Ekliptik, welche erst am Ende des letzten Jahrhunderts aufgestellt worden ist, übereinstimmend gefunden hat. Jeder Verdacht einer Erdichtung der Angabe durch Zurückrechnen fällt also von selbst weg. Die Erbauung von Tyrus und des uralten Tempels des Melkarth (des tyrischen Herkules) soll nach der Erzählung, die Herodot von den Priestern empfing, 2670 Jahre vor unserer Zeitrechnung hinaufreichen. Simplicius schätzt nach einer Ueberlieferung des Porphyrius das Alter der babylonischen Sternbeobachtungen, die dem Aristoteles bekannt waren, auf 1903 Jahre vor Alexander dem Großen, und Ideler, der so gründliche und vorsichtige Forscher der Chronologie, hat diese Angabe keineswegs unglaublich gefunden. Ob man in Indien mehr als 1200 Jahre v. Chr. selbst nach der Chronik von Kaschmir (Radjatarangini, trad. par Troyer) einen historischen Boden finde, während Megasthenes von Manu bis Kandragupta für 153 Könige der Dynastie von Magadha 60 bis 64 Jahrhunderte rechnet und der Astronom Aryabhatta den Anfang der Zeitrechnung auf 3102 v. Chr. bestimmt, bleibt noch in Dunkel gehüllt. — Um den Zahlen, welche in dieser Anmerkung zusammengestellt sind, eine höhere Bedeutung für die Kulturgeschichte der Menschheit zu geben, ist es nicht überflüssig, hier zu erinnern, daß bei den Griechen die Zerstörung von Troja 1184, Homer 1000 oder 950, Kadmus der Milesier, der erste Geschichtschreiber unter den Griechen, 524 Jahre vor unserer Zeitrechnung gesetzt werden. Diese Zusammenstellung der Epochen lehrt, wie ungleich, früh oder spät, bei den bildungsfähigsten Völkern das Bedürfnis einer genauen Aufzeichnung von Ereignissen und Unternehmungen erwacht ist; sie erinnert unwillkürlich an den Ausspruch, welchen Plato im Timäus den Priestern von Sais in den Mund legt: „O Solon, Solon! ihr Hellenen bleibt doch immer Kinder; nirgends ist in Hellas ein Greis. Eure Seelen sind stets jugendlich; ihr habt in ihnen keine Kunde des Altertums, keinen alten Glauben, keine durch die Zeit ergraute Wissenschaft."

[4] (S. 102.) Letztere Ansicht wird von der an der Entwickelungslehre festhaltenden modernen Richtung der Wissenschaft in der Regel als unhaltbar betrachtet und nur in jenen seltenen Ausnahmefällen gelten gelassen, wo für die eingetretene Verwilderung directe Nachweise vorhanden sind. — |D. Herausg.|

[5] (S. 105.) Plato, Phädon. Auch Aleomedes vertiefte die Erdfläche in der Mitte, um das Mittelmeer zu fassen.

[6] (S. 105.) Ich habe diese Idee zuerst entwickelt in meiner Rel. historique du Voyage aux Régions-équinoxiales T. III. p. 236 und in dem Examen crit. de l'hist. de la Géogr. au 15me siècle T. I. p. 36–38. Das westlichste Bassin, welches ich im allgemeinen das tyrrhenische nenne, begreift nach Strabo das Iberische, Ligustische und Sardoische Meer. Das Syrtenbassin östlich von Sizilien begreift das Ausonische oder Sikelische, das Libysche und Jonische Meer. Der südliche und südwestliche Teil des Aegeischen Meeres hieß das Kretische, Saronische und Myrtoische. Die merkwürdige Stelle Aristot., de Mundo cap. 3, bezieht sich bloß auf die Busenform der Küsten des Mittelmeers und ihre Wirkung auf den einströmenden Ozean.

[7] (S. 106.) Die beiden merkwürdigen Stellen des Strabo sind folgende: (Lib. II. p. 109) „Eratosthenes nennt drei, Polybius fünf Landspitzen, in die sich Europa verläuft. Der erstere nennt die gegen die Säulen sich erstreckende, auf welcher Iberia, die gegen den sikelischen Sund, auf welcher Italia liegt; dann folgt die dritte (Halbinsel) gegen Malea, welche alle Völker zwischen dem Adrias, dem Euxinos und dem Tanais umfaßt." (Lib. II. p. 126): „Wir beginnen mit Europa, weil es vielgestaltig und für Veredelung der Menschen und Bürger der gedeihlichste Weltteil ist. Er ist ganz bewohnbar außer wenigen vor Kälte unbewohnten Landen um den Tanais."

[8] (S. 107.) Otfried Müller, Minyer S. 64 und derselbe in der, übrigens nur zu wohlwollenden Kritik meiner Behandlung der mythischen Geographie der Griechen. Ich habe mich im allgemeinen also ausgesprochen: „En soulevant des questions qui offriraient déjà de l'importance dans l'intérêt des études philologiques, je n'ai pu gagner sur moi de passer entièrement sous silence ce qui appartient moins à la description du monde réel qu'au cycle de la *Géographie mythique*. Il en est de l'espace comme du tems: on ne saurait traiter l'histoire sous un point de vue philosophique, en ensevelissant dans un oubli absolu les tems héroïques. Les mythes des peuples, mêlés à l'histoire et à la géographie, ne sont pas en *entier du domaine du monde idéal*. Si le vague est un de leurs traits distinctifs, si le symbole y couvre la réalité d'un voile plus ou moins épais, les mythes intimement liés entre eux, n'en révèlent pas moins la souche antique des

premiers aperçus de cosmographie et de physique. Les faits de l'histoire et de la géographie primitives ne sont pas seulement d'ingénieuses fictions, les opinions qu'on s'est formées sur le monde réel, s'y reflètent.“ Der große mir befreundete Altertumsforscher, dessen früher Verlust auf griechischem, von ihm so tief und mannigfach ergründetem Boden allgemein betrauert worden ist, glaubt dagegen: „daß wirklichen Erfahrungen, welche durch Wundersucht und Leichtgläubigkeit eine fabelhafte Gestalt erhielten (wie man sich besonders die phönizischen Schiffersagen vorstellt), keineswegs der Hauptanteil an der poetischen Gestaltung der Erde, die in der griechischen Poesie hervortritt, zuzuschreiben sei; die eigentlichen Wurzeln dieser Gebilde lägen in gewissen ideellen Voraussetzungen und Forderungen des Gefühls, auf welche eine wirkliche Länderkunde erst allmählich einzuwirken beginne, woraus dann oft die interessante Erscheinung hervorgehe, daß rein subjektive Schöpfungen einer von gewissen Ideen geleiteten Phantasie fast unmerklich in wirkliche Länder und wohlbekannte Gegenstände der wissenschaftlichen Geographie übergehen. Nach diesen Betrachtungen könne man schließen, daß alle mythischen oder in mythische Formen ausgeprägten Phantasiegemälde in ihrem eigentlichen Grunde einer idealen Welt angehören und mit der wirklichen Erweiterung der Erdkunde oder der Schiffahrt außerhalb der Säulen des Herkules ursprünglich nichts zu thun haben.“ Die von mir in dem französischen Werke geäußerte Meinung stimmte mit den früheren Ansichten von Otfried Müller mehr überein, da er in den Prolegomenen zu einer wissenschaftlichen Mythologie S. 68 u. 109 sehr bestimmt sagte: „daß in mythischen Erzählungen Geschehenes und Gedachtes, Reelles und Ideelles meist eng miteinander verbunden sind“.

[9] (S. 109.) Alles, was sich auf ägyptische Chronologie und Geschichte bezieht und (S. 109—110) durch Anführungszeichen im Texte unterschieden ist, gründet sich auf handschriftliche Mitteilungen meines Freundes, des Professor Lepsius vom Monat März 1846.

[10] (S. 109.) Ich setze die dorische Einwanderung in den Peloponnes mit Otfried Müller 328 Jahre vor der ersten Olympiade.

[11] (S. 109.) In dem Papyrus von Sallier (campagnes de Sésostris) fand Champollion den Namen der Javanen oder Jouni und den der Luki (Jonier und Lycier?).

[12] (S. 110.) Von den Denksäulen (Stelen), die Ramses-Miamen als Siegeszeichen in den durchzogenen Landen setzte, nennt Herodot ausdrücklich drei: „eine im palästinischen Syrien, zwei in Jonien, wo man aus dem Ephesischen nach Phokäa und von Sardes nach Smyrna geht“. Ein Felsenrelief, welches den Namen des Ramses mehrmals darbietet, ist in Syrien am Lykus, unfern Beirut (Berytus), aufgefunden, sowie ein anderes, roheres, im Thal Karabel bei Nympho, nach Lepsius auf dem Wege aus

dem Ephesischen nach Phokäa. Ob der große Eroberer, wie Heeren glaubt, bis Persien und Vorderindien vorgedrungen sei, „weil damals das westliche Asien noch kein großes Reich enthielt“ (die Erbauung des assyrischen Ninive wird erst 1230 vor Chr. gesetzt), werden bei jetzt so schnell fortschreitenden Entdeckungen die Archäologen und phonetischen Sprachforscher einst entscheiden. Strabo nennt eine Denksäule des Sesostris nahe bei der Meerenge Deire, jetzt Bab-el-Mandeb genannt. Es ist übrigens auch sehr wahrscheinlich, daß schon im alten Reiche über 900 Jahre vor Ramses-Miamen ähnliche Heerzüge ägyptischer Könige nach Asien stattgefunden haben Unter dem, zur Dynastie gehörigen Pharao Setos II., des zweiten Nachfolger des großen Ramses-Miamen, zog Moses aus Aegypten aus, nach den Untersuchungen von Lepsius ungefähr 1300 Jahre vor unserer Zeitrechnung.

[13] (S. 110.) Zu den wichtigen der Umschiffung von Libyen günstigen Meinungen von Rennell, Heeren und Sprengel muß man jetzt auch die eines überaus gründlichen Philologen, Etienne Quatremère, zählen. Das überzeugendste Argument für die Wahrheit des Berichts von Herodot IV, 42 scheint mir die dem Herodot unglaublich vorkommende Bemerkung, „daß die Seefahrer bei dem Umschiffen Libyens (von Osten nach Westen segelnd) die Sonne zur Rechten bekommen hätten“. Im Mittelmeere sah man, ebenfalls von Osten nach Westen (von Tyrus nach Gadeira) schiffend, die Sonne um Mittag nur zur Linken. Uebrigens muß auch vor Neku II. (Necho) schon in Aegypten eine ältere Kenntnis von der Möglichkeit einer ungehinderten Umschiffung Libyens vorhanden gewesen sein, da Herodot den Neku bestimmt den Phöniziern befehlen läßt, „sie sollten den Rückweg nach Aegypten durch die Säulen des Herkules nehmen“. Sonderbar ist es immer, daß Strabo, der so weitläufig die versuchte Umschiffung des Eudorus und Cyzicus unter der Kleopatra diskutiert, und auch der Trümmer des Schiffes aus Gadeira erwähnt, welches an der äthiopischen (östlichen) Küste gefunden war, zwar die vorgegebenen wirklichen Umschiffungen für eine Bergäische Fabel erklärt, aber die Möglichkeit der Umschiffung keineswegs leugnet und daß er behauptet, es sei östlich und westlich des noch Ununschifften nur wenig. Strabo hing gar nicht der wunderlichen Isthmushypothese des Hipparch und Marinus Tyrius an, nach der das östliche Afrika sich an das Südostende von Asien anschließt und das Indische Meer zu einem Mittelmeer macht. Strabo citiert Herodot, nennt aber den Namen Nekos nicht, dessen Expedition er mit der von Darius veranstalteten Umschiffung von Südpersien und ganz Arabien verwechselt. Gosselin hat sogar allzu kühn die Lesart Darius in Neko verwandeln wollen. Ein Gegenstück zu dem Pferdekopf des Schiffes von Gadeira, welchen Eudorus in Aegypten auf einem Marktplatze gezeigt haben soll, sind die Trümmer eines Schiffes aus dem Roten Meere, das nach der Erzählung eines sehr glaubwürdigen arabischen

Geschichtschreibers Masudi an die Küste von Kreta durch westliche Strömungen gelangt ist. [An der Umschiffung Afrikas durch Nechos Leute wird heute wenig mehr gezweifelt. — D. Herausg.]

[14] (S. 111.) Ueber die Wahrscheinlichkeit eines Verkehrs zwischen Aegypten und Griechenland vor Psammitich s. die scharfsichtigen Beobachtungen von Ludwig Roß in Hellenika Bd. I, 1846, S. V und X. „In den nächsten Zeiten vor Psammitich," sagt er, „war in beiden Ländern eine Epoche innerer Zerrüttung, die notwendig eine Beschränkung und teilweise Unterbrechung des Verkehrs herbeiführen mußte."

[15] (S. 113.) Die Bestimmung des Zinnlandes (Britannien, die Scillyinseln) ist leichter als die Bernsteinküste; denn daß die altgriechische Benennung κασσίτερος, schon in den Homerischen Zeiten verbreitet, von einem zinnreichen Berge Cassius im südwestlichen Spanien herzuleiten sei, welchen der dieser Gegend sehr kundige Avienus zwischen Gaddir und die Mündung eines kleinen südlichen Iberus versetzt, ist mir sehr unwahrscheinlich. Kassiteros ist das altindische Sanskritwort kastira. Zinn (isl., dän., engl. tin; schwed. tenn) heißt in der malayischen und javanischen Sprache timah, eine Lautähnlichkeit, welche fast an die des altgermanischen glessum (Name für den durchsichtigen Bernstein) mit unserem Worte Glas erinnert. Die Benennungen von Waren und Handelsartikeln gehen von einem Volke zum anderen in die verschiedensten Sprachfamilien über. Durch den Verkehr, welchen die Phönizier von ihren Faktoreien in dem Persischen Meerbusen aus mit der Ostküste von Indien trieben, hat das Sanskritwort kastira, welches ein so nützliches hinterindisches Produkt bezeichnete und sich unter den altaramäischen Idiomen noch jetzt im Arabischen als kasdir findet, den Griechen bekannt werden können, ehe selbst Albion und die britannischen Kassiteriden besucht wurden. Eine Benennung wird oft ein geschichtliches Denkmal, und die etymologisierende, zergliedernde Sprachforschung, von Unkundigen verspottet, trägt ihre Früchte. Den Alten war auch das Zinn, eines der seltensten Metalle auf unserem Erdkörper, im Lande der Artabrer und der Callaeci auf dem nordwestlichsten iberischen Kontinente bekannt; also in einer größeren Nähe für die Seefahrt aus dem Mittelmeer als die Kassiteriden (Oestrymnides des Avienus). Als ich vor meiner Einschiffung nach den Kanarischen Inseln im Jahre 1799 in Galicien war, wurde noch daselbst im Granitgebirge ein sehr ärmlicher Bergbau getrieben. Dieses Vorkommen des Zinnes ist von einiger geognostischen Wichtigkeit wegen des ehemaligen Zusammenhanges von Galicien, der Halbinsel Bretagne und Cornwall.

[16] (S. 113.) Die schon früh geäußerte Meinung, daß der Bernstein zuerst nur von der westlichen cimbrischen Küste durch Schiffahrt und vorzüglich durch inneren Tauschhandel auf Landwegen an das Mittelmeer gelangt sei, gewinnt immer mehr Anklang. Die gründlichste und scharfsinnigste Untersuchung dieses Gegenstandes

enthält Ukert's Abhandlung über das Elektrum in der Zeitschrift für die Altertumswissenschaft 1838, Nr. 52 bis 55, S. 425—452. Die Massilier, welche Heeren unter Pytheas, nach den Phöniziern, bis in die Ostsee vordringen läßt, überschritten wohl kaum die Mündungen der Weser und Elbe. Die Bernsteininsel Glessaria (auch Austrania genannt) setzt Plinius bestimmt westlich vom Vorgebirge der Cimbern in das Germanische Meer, und der Zusammenhang mit der Expedition des Germanicus lehrt genugsam, daß nicht eine Insel der Ostsee gemeint sei. Die großen Wirkungen der Ebbe und Flut in den aestuariis, welche Bernstein auswerfen, wo nach Servius' Ausdruck „mare vicissim tum accedit, tum recedit", passen ebenfalls nur auf die Küstengegend zwischen dem Helder und der Cimbrischen Halbinsel, und nicht auf die Ostsee, in der des Timäus Insel Baltia liegen mag. Abalus, eine Tagereise von einem aestuarium entfernt, kann daher nicht die Kurische Nehrung sein. Vergl. auch über die Fahrt des Pytheas nach der westlichen Küste von Jütland und den Bernsteinhandel längs dem ganzen Litorale von Skagen bis zu den Niederlanden Werlauff, Bidrag til den nordiske Ravhandels Historie (Kopenh. 1835). Nicht Plinius, sondern Tacitus kennt das glessum der Ostseeküsten im Lande der Aestyer (Aestuorum gentium) und der Veneder, von welchen der große Sprachforscher Schaffarik ungewiß ist, ob sie Slaven oder Germanen waren. Die lebhaftere unmittelbare Verbindung mit der samländischen Ostseeküste und mit den Aestyern mittels des Landweges durch Pannonien über Carnuntum, den ein römischer Ritter unter Nero einschlug, scheint mir in die spätere Periode der römischen Cäsaren zu fallen. Von den Verbindungen zwischen der preußischen Küste und den griechischen Kolonieen am Schwarzen Meere zeugen schöne, wahrscheinlich vor Olymp. 85 geprägte Münzen, die man in den neuesten Zeiten im Netzedistrikt gefunden hat. Zu verschiedenen Zeiten ist wohl auch aus sehr verschiedenen Gegenden das an die Küsten angeschwemmte oder gegrabene Elektron, der Sonnenstein der uralten Eridanusmythe, auf See- und Landwegen dem Süden zugeströmt. Der „an zwei Orten in Skythien gegrabene Bernstein war teilweise sehr dunkel gefärbt". Allerdings wird noch heute bei Kaltschedansk unfern Kamensk am Ural Bernstein gesammelt; wir haben Fragmente davon, in Braunkohle eingehüllt, in Katharinenburg erhalten. Das den Bernstein oft umschließende fossile Holz hatte früh auch die Aufmerksamkeit der Alten auf sich gezogen. Das damals so kostbare Harz wurde bald der Schwarzpappel (nach dem Chier Seymnus v. 396, p. 367, Letronne), bald einem Baume aus dem Zedern- oder Fichtengeschlechte zugeschrieben. Die neuesten vortrefflichen Untersuchungen des Prof. Göppert zu Breslau haben gelehrt, daß die Ahnung des römischen Sammlers das Richtigere war. Vergl. über den fossilen Bernsteinbaum (Pinites succinifer) einer untergangenen Pflanzen-

welt Kosmos Bd. I, S. 181 und Berendt, organische Reste im Bernstein Bd. I, Abt. 1, 1845, S. 89.

[17] (S. 113.) Die Zerstörung phönizischer Kolonieen durch Nigriten scheint auf eine sehr südliche Lage zu deuten; mehr vielleicht als die Krokodile und Elefanten, welche Hanno nennt, da beide bestimmt ehemals nördlich von der Wüste Sahara in Maurusien und im ganzen westlichen Atlaslande gefunden wurden, wie Strabo, Aelian, Plinius und viele Vorfälle der Kriege zwischen Rom und Karthago beweisen.

[18] (S. 115.) Ich habe diesen oft bestrittenen Gegenstand wie die Stellen des Diodor und Pseudo-Aristoteles an einem anderen Orte umständlich behandelt. Die Kompilation der Mirab. Auscult. scheint älter als das Ende des ersten punischen Krieges, da sie Sardinien unter der Botmäßigkeit der Karthager schildert. Merkwürdig ist auch, daß die waldreiche Insel, deren dieses Werk erwähnt, als unbewohnt (also von Guanschen unbevölkert) beschrieben wird. Guanschen (Guanches) bewohnten die ganze Gruppe der Kanarischen Inseln; aber in der That nicht die Insel Madeira, auf welcher weder Johann Gonzalves und Tristan Vaz 1519, noch der frühere Robert Masham mit Anna Dorset (falls ihre Robinsonade geschichtlich sicher ist) Einwohner fanden. Heeren bezieht diese Beschreibung des Diodor auf Madeira allein, doch in dem mit punischen Schriften so vertrauten Festus Avienus glaubt er die häufigen vulkanischen Erderschütterungen des Pik's von Teneriffa erkennen zu dürfen. Dem geographischen Zusammenhange nach scheint mir in der Darstellung des Avienus eine nördlichere Gegend, vielleicht selbst im Kronischen Meere, gemeint zu sein. Der punischen Quellen, die Juba benutzte, erwähnt auch Ammianus Marcellinus. Ueber die Wahrscheinlichkeit des semitischen Ursprungs der Benennung der Kanarischen Inseln (der Hundeinseln des lateinisch etymologisierenden Plinius!) s. Credner, die biblische Vorstellung vom Paradiese in Illgens Zeitschrift für die historische Theologie Bd. VI, 1836, S. 166—186. Am gründlichsten und litterarisch vollständigsten ist neuerlichst alles, was von den ältesten Zeiten bis zum Mittelalter über die Kanarischen Inseln geschrieben worden ist, zusammengestellt worden in einer Arbeit von Joaquim José da Costa de Macedo unter dem Titel: Memoria em que se pretende provar que os Arabes não conhecerão as Canarias antes dos Portuguezes. 1844. Wenn neben den Sagen die Geschichte schweigt, insofern sie auf sichere und bestimmt ausgedrückte Zeugnisse gegründet ist, so bleiben nur verschiedene Abstufungen der Wahrscheinlichkeit übrig; ein absolutes Ableugnen alles Thatsächlichen in der Weltgeschichte, wo die Zeugnisse unbestimmter sind, scheint mir aber keine glückliche Anwendung der philologischen und historischen Kritik zu sein. Die vielen aus dem Altertum überkommenen Angaben und eine genaue Erwähnung

der räumlichen Verhältnisse, besonders der großen Nähe von alten unbestreitbaren Ansiedelungen der afrikanischen Küste, lassen mich glauben an eine Kenntnis der Kanarischen Inselgruppe bei den Phöniziern, Karthagern, Griechen und Römern, vielleicht selbst bei den Etruskern.

[19] (S. 115.) Vergl. die Berechnungen in meiner Rel. hist. T. I. p. 140 und 287. Der Pik von Teneriffa ist 2° 49′ im Bogen von dem nächsten Punkte der afrikanischen Küste entfernt. Bei einer Annahme mittlerer Strahlenbrechung von 0,08 kann der Gipfel des Piks folglich von einer Höhe von 202 Toisen gesehen werden, also von den Montañas negras unfern des Vorgebirges Bojador. In dieser Rechnung ist der Pik zu 19041 (3710 m) über der Meeresfläche angenommen. Neuerlichst haben ihn trigonometrisch Kapitän Vidal 19401 (3773 m), die Herren Couvent und Dumoulin barometrisch 19001 (3702 m) hoch gefunden. Aber Lancerote mit einem 3001 hohen Vulkan, la Corona und Fortaventura liegen der Küste viel näher als Teneriffa, die erste dieser Inseln in 1° 15′, die zweite in 1° 2′ Entfernung.

[20] (S. 115.) Roß hat der Behauptung nur als einer Sage erwähnt. Sollte die Beobachtung nicht auf einer bloßen Täuschung beruht haben? Wenn man die Höhe des Aetna über dem Meere zu 1704 Toisen (Br. 37° 45′, Länge 12° 41′ von Paris), die des Beobachtungsortes auf dem Taygetos am Eliasberge zu 1236 t (2409 m) (Br. 36° 57′, Länge 20° 1′) und die Entfernung beider 88 geogr. Meilen (650 km) annimmt, so ergeben sich für die Höhe des Punktes, von welchem der Lichtstrahl über dem Aetna ausging, um auf dem Taygetos gesehen zu werden, volle 7612 Toisen (14836 m), also 4⅓mal die Höhe des Aetna. Könnte man dagegen, bemerkt mein Freund, Herr Professor Encke, den Reflex einer zwischen dem Aetna und Taygetos stehenden reflektierenden Fläche, d. i. den Reflex eines Gewölks annehmen, das 46 Meilen vom Aetna und und 42 Meilen vom Taygetos entfernt wäre, so brauchte die Höhe der reflektierenden Fläche über dem Meeresspiegel nur 286 Toisen (557 m) zu sein.

[21] (S. 116.) Nach Polybius sollte man vom Gebirge Aimon den Pontus und das Adriatische Meer sehen können, was schon Strabo bespöttelt.

[22] (S. 116.) Ueber die Synonymie von Ophir s. mein Examen crit. de l'hist. de la Géogr. T. II. p. 42. Ptolemäus hat ein Sapphara, Metropolis von Arabien, und Supara im Golf von Camboya (Barigazenus sinus, nach Hesychius), „eine an Gold reiche Gegend"! Supara bedeutet indisch Schönufer.

[23] (S. 116.) Ob Tarsisschiffe Weltmeerschiffe sind? ob sie, was Michaelis bestreitet, vom phönizischen Tarsus in Cilicien ihren Namen haben? S. Keil S. 7, 15—22 und 71—84.

[24] (S. 116.) Der gelehrte Quatremère, der Ophir in

einer ganz neuerlich erschienenen Abhandlung Mém. de l'Acad. des Inscriptions wieder wie Heeren für die östliche Küste von Afrika hält, erklärt das Wort thukkiim (thukkiyym) nicht durch Pfau, sondern durch Papagei oder Perlhuhn. Ueber Sokotora vergl. Bohlen, das alte Indien T. II, S. 139 mit Benfey, Indien S. 30—32. Sofala wird von Edrisi und später nach Gamas Entdeckungsreise von den Portugiesen als ein goldreiches Land beschrieben. Ich habe an einem anderen Orte darauf aufmerksam gemacht, daß Edrisi in der Mitte des 12. Jahrhunderts von der Anwendung des Quecksilbers in den Goldwäschen der Neger dieser Gegend als einer längst eingeführten Amalgamationsmethode spricht. Wenn man der häufigen Verwechselung von r und l gedenkt, so findet sich der Name des ostafrikanischen Sofala vollkommen wieder in der Form Sophara, welche für das Salomonisch-Hiramische Ophir in der Uebertragung der Septuaginta neben mehreren anderen Formen vorkommt. Auch Ptolemäus kennt, wie wir schon oben erwähnt, ein Sapphara in Arabien und ein Supara in Indien. Auf nahe oder gegenüberstehende Küsten hatte, wie wir noch heute ähnliche Verhältnisse in dem spanisch und englisch redenden Amerika wiederfinden, das Mutterland seine eigenen bedeutsamen Sanskritnamen reflektiert. Das Gebiet des Ophirhandels konnte also nach meiner Ansicht ebenso erweitert werden, wie eine phönizische Tartessusfahrt Cyrene und Karthago, Gadeira und Cerne und eine Kassiteridenfahrt zugleich die Artabrer, Britannien und die cimbrische Ostküste berühren konnte. Auffallend ist es immer, daß Weihrauch, Gewürze, Seide und baumwollene Zeuge nicht unter den Ophirwaren neben Elfenbein, Affen und Pfauen genannt werden. Die letzten sind ausschließlich indisch, wenn sie auch wegen ihrer allmählichen Verbreitung gegen Westen von den Griechen oft medische und persische Vögel genannt worden sind, ja die Samier sogar wegen der im Heiligtum der Here von Priestern genährten Pfauen sie für ursprünglich samisch hielten. Aus einer Stelle des Eustathius über die Heiligkeit der Pfauen in Libyen hat man mit Unrecht schließen wollen, daß der ταώς auch Afrika angehöre.

[25] (S. 116.) S. Kolumbus über Ophir und el Monte Sopora. „den Salomos Flotte erst in drei Jahren erreichen konnte". An einem anderen Orte sagt der große Entdecker, immer in der Hoffnung Ophir zu erreichen: „Die Herrlichkeit und Macht des Goldes von Ophir ist unbeschreiblich. Wer es besitzt, thut, was er will, in dieser Welt; ja es glückt ihm sogar, die Seelen aus dem Fegefeuer in das Paradies zu ziehen (llega á que echa las animas al paraiso)."

[26] (S. 117.) Ctesiae Cnidii Operum reliquiae ed. Felix Baehr 1824, cap. 4 und 12, p. 248, 271 und 300. Aber die aus einheimischen Quellen gesammelten und deshalb gar nicht so verwerflichen Nachrichten des Arztes am persischen Hofe beziehen sich auf Gegenden im Norden von Indien, und aus diesen

müßte das Gold der Daradas auf vielen Umwegen nach Abhira, nach der Indusmündung und der Malabarküste gelangt sein. Sollte die wundersame Angabe des Ktesias von einer indischen Quelle, in deren Grunde man Eisen und zwar sehr schmiedbares fände, wenn das flüssige Gold abgelaufen ist, sich nicht auf die mißverstandene Erzählung von einem Hüttenwerke gründen? Man hielt das geschmolzene Eisen seiner Farbe wegen für Gold, und wenn nun die gelbe Farbe beim Erkalten verschwunden war, fand man die schwarze Eisenmasse darunter.

[27] (S. 118.) Wenn man ehemals in Deutschland dem Pater Angelo Cortenovis nachfabelte, daß das von Varro beschriebene, mit einem ehernen Hut und ehernen herabhängenden Ketten gezierte Grabmal des Helden von Clusium, Lars Porsena, ein atmosphärischer Elektrizitätssammler oder ein Blitzableitungapparat (wie nach Michaelis die metallenen Spitzen auf dem Salomonischen Tempel) gewesen sei, so geschah dies zu einer Zeit, in der man den alten Völkern gern die Reste einer *geoffenbarten*, bald aber wieder verdunkelten Urphysik zuschrieb. Ueber den nicht schwer aufzufindenden Verkehr zwischen Blitz und *leitenden* Metallen scheint mir noch immer die wichtigste Notiz die des *Ktesias* zu sein. „Er habe," heißt es, „zwei eiserne Schwerter besessen, Geschenke des Königs (Artaxerxes Mnemon) und dessen Mutter (Parysatis), Schwerter, welche, in die Erde gepflanzt, Gewölk, Hagel und Blitzstrahlen abwendeten. Er habe die Wirkung selbst gesehen, da der König zweimal vor seinen Augen das Experiment gemacht." — Die genaue Aufmerksamkeit der Tusker auf die meteorischen Prozesse des Luftkreises, auf alles, was von der gewöhnlichen Naturerscheinung abwich, macht es gewiß beklagenswert, daß von den *Fulgural*büchern nichts auf uns gekommen ist. Die Epochen der Erscheinung großer Kometen, des Falles von Meteorsteinen und Sternschnuppenschwärmen waren gewiß darin ebenso aufgezeichnet, als in den von Eduard Biot benutzten älteren chinesischen Annalen. *Creuzer* hat zu zeigen gesucht, wie die Naturbeschaffenheit von Etrurien auf die eigentümliche Geistesrichtung der Bewohner wirken konnte. Ein *Hervorlocken* der Blitze, welches dem Prometheus zugeschrieben wird, erinnert an das sonderbare vorgebliche *Herabziehen* der Blitze durch die Fulguratoren. Es bestand aber diese Operation in einem bloßen Herabbeschwören, und mag wohl nicht wirksamer gewesen sein, als der abgehäutete Eselskopf, durch den nach tuskischen Religionsgebräuchen man sich vor einem Ungewitter schützen konnte.

[28] (S. 118.) Nach der, sehr verwickelten, etruskischen Auguraltheorie unterschied man die *sanft erinnernden* Blitze, welche Jupiter aus eigener Machtvollkommenheit sendet, von den heftigeren elektrischen Zuchtmitteln, die Jupiter konstitutionsmäßig nur nach vorhergehender Beratung aller zwölf Götter senden durfte.

[29] (S. 119.) Mit der Entzifferung des iberischen Alphabets

hat sich neuerlichst Herr de Saucly glücklich beschäftigt, wie der scharfsinnige Entdecker der Keilschrift Grotefend mit den Phrygiern und Sir Charles Fellows mit den Lykiern.

[30] (S. 120.) In der Mythe des Abaris fährt der Wundermann nicht auf einem Pfeile durch die Luft, sondern er trägt den Pfeil, „den ihm Pythagoras gab, damit er ihm nützlich werde in allen Hindernissen auf einer langen Irrfahrt". Ueber den mehrmals verschwundenen und wieder erschienenen Arimaspenfänger Aristeas von Proconnesus s. Herodot VI, 13—15.

[31] (S. 121.) Wahrscheinlich das Thal des Don oder des Kuban. — Pherecydes sagt ausdrücklich, der Kaukasus habe gebrannt und Typhon sei deshalb nach Italien geflüchtet, eine Notiz, aus welcher Klausen das ideale Verhältnis des Feuerzünders (πυρκαεύς) Prometheus zum Brandberge erklärt. Wenn auch die, neuerlichst von Abich so gründlich erspähte, geognostische Beschaffenheit des Kaukasus und sein Zusammenhang mit dem vulkanischen innerasiatischen Thian-schan (Himmelsgebirge), den ich an einem anderen Orte glaube nachgewiesen zu haben, es keineswegs unwahrscheinlich machen, daß sich in den ältesten Sagen des Menschengeschlechts Erinnerungen an große vulkanische Erscheinungen hätten erhalten können, so ist doch wohl eher anzunehmen, daß etymologische Wagnisse die Griechen auf die Hypothese des Brennens geleitet haben. Ueber die Sanskrit-Etymologieen von Graucasus (Glanzberg?) s. Bohlens und Burnoufs Aeußerungen in meiner Asie centrale T. I, p. 109.

[32] (S. 121.) Homer kannte nicht den Phasis, nicht Kolchis, nicht die Herkulessäulen, aber der Phasis wird schon von Hesiodus genannt. Die mythischen Sagen über die Rückkehr der Argonauten durch den Phasis in den östlichen Ozean und den durch die vorgebliche Bifurkation des Ister oder durch den gedoppelten, von vulkanischen Erderschütterungen gebildeten Tritonsee, sind von besonderer Wichtigkeit für die Kenntnis der frühesten Ansichten über die Gestaltung der Kontinente. Geographische Phantasieen von Peisandros, Timagetus und dem Rhodier Apollonius haben sich übrigens bis in das späte Mittelalter fortgepflanzt; sie sind bald verwirrende, abschreckende Hindernisse, bald Anreizung zu wirklichen Entdeckungen geworden. Diese Rückwirkung des Altertums auf die späteren Zeiten, in denen man sich mehr von Meinungen als von wirklichen Beobachtungen leiten ließ, wurde leider bisher in der Geschichte der Geographie nicht hinlänglich beachtet. Es ist der Zweck der Anmerkungen zum Kosmos, nicht etwa bloß bibliographische Quellen aus verschiedenen Litteraturen zur Erläuterung dessen darzubieten, was im Text behauptet wird; ich habe in diesen Anmerkungen, die eine freiere Bewegung gestatten, auch einen reichhaltigen Stoff des Nachdenkens niederlegen wollen, so wie ich ihn aus der Erfahrung und aus langen litterarischen Studien habe schöpfen können.

[33] (S. 122.) Die alten Kolcher scheinen identisch gewesen zu sein mit dem Stamme der Lazen (Lazi, gentes Colchorum, die Λαζοί der byzantinischen Schriftsteller). Im Kaukasus erklingen noch die Namen: Alanen (Alanethi für das Alanenland), Ossi und Aß. Nach den mit philosophischem Sprachsinn in den Thälern des Kaukasus begonnenen Arbeiten von Georg Rosen enthält die Sprache der Lazen Reste des alten kolchischen Idioms. Der iberische und grusische Sprachstamm begreift: Lazisch, Georgisch, Suanisch und Mingrelisch: alle zur Familie der indogermanischen Sprachen gehörig. Die der Osseten steht dem Gotischen näher als das Litauische.

[34] (S. 122.) Ueber die Verwandtschaft der Skythen (Skoloten oder Saeae), Alanen, Goten, Massa-Geten und Yueti der chinesischen Geschichtschreiber s. Klaproth in dem Kommentar zu dem Voyage du Comte Potocki T. I, p. 129. wie auch meine Asie centrale T. I, p. 400, T. II, p. 252. Procopius sagt selbst ganz bestimmt, daß die Goten ehemals Skythen genannt wurden. Die Identität der Geten und Goten hat Jakob Grimm in seiner neuesten Abhandlung über Jornandes, 1846, S. 21 erwiesen. Die Behauptung Niebuhrs, daß die Skythen Herodots zur Familie der mongolischen Völkerschaften gehören, hat um so weniger Wahrscheinlichkeit, als diese Völkerschaften unter dem Joche teils der Chinesen, teils der Hakas oder Kirgisen (Κεργίς des Menander) im Anfang des 13. Jahrhunderts noch weit im Osten von Asien um den Baikalsee wohnten. Herodot unterscheidet dazu die kahlköpfigen Argippäer von den Skythen; und sind die ersteren „plattnasig", so haben sie dabei auch ein „langes Kinn", was nach meiner eigenen Erfahrung keineswegs ein physiognomisches Kennzeichen der Kalmücken und anderer mongolischer Stämme ist; eher wohl ein Kennzeichen der blonden (germanisierenden?) Uiun und Tingling, welchen die chinesischen Geschichtschreiber „lange Pferdegesichter" zuteilen.

[35] (S. 122.) „Les Hyperboréens sont un *mythe météorologique*. Le vent des montagnes (*B'Oreas*) sort des Monts *Rhipéens*. Au-delà de ces monts doit régner un air calme, un climat heureux, comme sur les sommets alpins, dans la partie qui dépasse les nuages. Ce sont là les premiers aperçus d'une physique qui explique la distribution de la chaleur et la différence des climats par des causes locales, par la direction des vents qui dominent, par la proximité du soleil, par l'action d'un principe humide ou salin. La conséquence de ces idées systematiques était une certaine indépendance qu'on supposait entre les climats et la latitude des lieux: aussi le mythe des Hyperboréens, lié par son origine au culte dorien et primitivement boréal d'Apollon, a pu se déplacer du nord vers l'ouest, en suivant Hercule dans ses courses aux sources de l'Ister, à l'île d'Erythia et aux Jardins des Hespé-

rides. Les *Rhipes* ou Monts *Rhipéens* sont aussi un nom significatif *météorologique*. Ce sont les montagnes de *l'impulsion* ou du souffle *glacé* (ῥιπή), celles d'où se déchaînent les tempêtes boréales." Asie centr. T. I, pag. 392 und 403.

[36] (S. 122.) Im Hindostani bezeichnet (wie schon Wilford bemerkt) von zwei Wörtern, die verwechselt werden könnten, das eine, tschiúntá, eine große schwarze Ameisenart (woher das Diminutiv tschiúntí, tschúntí: die kleine, gewöhnliche Ameise), das andere, tschitá, ein gefleckter Panthertier, den kleinen Jagdleoparden (Felis jubata, Schreb.). Das letzte Wort ist das Sanskritwort tschitra, buntfarbig, gefleckt, wie der bengalische Name für das Tier (tschitábágh und tschitibágh, von bágh, sanskr. wyághra, Tiger) beweist. (Buschmann.) — Im Mahabharata ist neuerlichst eine Stelle aufgefunden worden, in der von dem Ameisengolde die Rede ist. „Wilso invenit mentionem fieri etiam in Indicis litteris bestiarum auram effodientium, quas, quum terram effodiant, eodem nomine (pipilica) atque formicas Indi nuncupant." Auffallend ist es mir gewesen, zu sehen, daß in basaltreichen Gegenden des mexikanischen Hochlandes die Ameisen glänzende Körner von Hyalt zusammentragen, die ich mir aus Ameisenhaufen sammeln konnte.

[37] (S. 125.) Die Fahrt des Coläus von Samos fällt nach Otfr. Müller in Ol. 31, nach Letronnes Untersuchung in Ol. 35, 1 oder in das Jahr 640. Die Epoche ist von der Gründung von Cyrene, welche Otfr. Müller zwischen Ol. 35 und 37 setzt, abhängig: weil man zur Zeit des Coläus von Thera noch nicht den Weg nach Libyen kannte. - Zumpt setzt die Gründung von Karthago 878, die von Gades 1100 v. Chr.

[38] (S. 125.) Nach Art der Alten rechne ich den ganzen Pontus samt der Mäotis, wie geognostische und physikalische Ansichten es erheischen, zu dem gemeinsamen Becken des großen Inneren Meeres.

[39] (S. 125) Herod. I, 163, wo den Phokäern sogar die Entdeckung von Tarteſſus zugeschrieben wird; aber die Handelsunternehmung der Phokäer war nach Ukert 70 Jahre später als Coläus von Samos.

[40] (S. 125.) Nach einem Fragmente des Phavorinus sind die Wörter ὠκεανός (und also auch ὠγήν) keineswegs griechisch, sondern von den Barbaren entlehnt. Mein Bruder glaubte, daß sie mit den Sanskritwurzeln ogha und ogh zusammenhängen.

[41] (S. 126.) Seneca wagt zu sagen (Nat. Quaest. in praefat. 11): „contemnet curiosus spectator domicilii (terrae) angustias. Quantum enim est quod ab ultimis littoribus Hispaniae usque ad Indos jacet? *Paucissimorum dierum spatium*, si navem suus ventus implevit."

[42] (S. 126.) Im Diaphragma der (Erdscheidungslinie) des Dicäarchus läuft die Hebung durch den Taurus, die Ketten des

Demawend und Hindu-Khu, den nordtibetischen Kuen-lun und das mit ewigem Schnee bedeckte Wolkengebirge der chinesischen Provinzen Se-tschuan und Kuang-si.

[43] (S. 130.) Megasthenes besuchte oft Palibothra, den Hof des Königs von Magadha. Er war tief in die Chronologie der Inder eingeweiht und berichtet, „wie in der verflossenen Vorzeit das All dreimal zur Freiheit gekommen sei, wie drei Weltalter abgelaufen und zu seiner Zeit das vierte begonnen war." Die Hesiodische Lehre von vier Weltaltern, an vier elementarische Weltzerstörungen geknüpft, die zusammen eine Zeit von 18028 Jahren ausfüllen, findet sich auch bei den Mexikanern. — Einen denkwürdigen Beweis für die Genauigkeit des Megasthenes hat in neuerer Zeit das Studium des Rigveda und des Mahabharata verschafft. Man vergleiche, was Megasthenes „über das Land der langlebenden Seligen im höchsten Norden von Indien, über das Land Uttara-Kuru (wahrscheinlich nördlich von Kaschmir gegen den Beluriagh hin) berichtet, das er nach seinen griechischen Ansichten an das tausendjährige Leben der Hyperboreer anschließt". Damit hängt eine Sage in dem nur zu lange verschmähten Ktesias von einem heiligen Orte in der nördlichen Wüste zusammen. Den Martichoras, welchen Aristoteles nennt, die Greifen, welche halb Adler, halb Löwen sind, das von Aelian erwähnte Kartazonon, einen einhörnigen wilden Esel, hat Ktesias als wirkliche Tiere aufgeführt, nicht als eigene Erdichtung, sondern weil er, wie schon Heeren und Cuvier bemerkt haben, an persischen Monumenten abgebildete symbolisierte Tiergestalten für Nachahmung noch im fernen Indien lebender Untiere hielt. Die genaue Identifizierung des Martichoras mit persepolitanischen Symbolen hat aber nach des scharfsinnigen Guigniaut Bemerkung viele Schwierigkeit.

[44] (S. 130.) Ich habe diese verwickelten orographischen Verhältnisse erläutert in meiner Asie centrale T. II, p. 429 bis 434.

[45] (S. 131.) Das Land zwischen Bamian und Ghori. Ich schreibe Paropanisus, wie alle guten Codices des Ptolemäus haben und nicht Paropamisus.

[46] (S. 131.) Tala, als Name der Palme Borassus flabelliformis (sehr charakteristisch von Amarasinha ein König der Gräser genannt), bei Arrian, Ind. VII, 3.

[47] (S. 131.) Das Wort tabaschir wird auf das sanskritische tvakkschirâ (Rindenmilch) zurückgeführt. Ich habe schon 1817 in den geschichtlichen Beilagen zu meinem Werke De distributione geographica Plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium p. 215 darauf aufmerksam gemacht, daß neben dem Tabschir der Bambusa die Begleiter Alexanders auch den wahren Rohrzucker der Inder hatten kennen gelernt. Moses von Chorene, welcher in der Mitte des 5. Jahrhunderts lebte,

hat zuerst die Bereitung des Zuckers aus dem Safte des Saccharum officinarum in der Provinz Chorassan umständlich beschrieben.

[48] (S. 131.) Die Stelle in Aristot. hist. de Animal. V. 17 von dem Gespinste einer großen gehörnten Raupe bezieht sich auf die Insel Cos.

[49] (S. 131.) So λάκκος χρωμάτινος im Peripl. maris Erythr. p. 5.

[50] (S. 132.) Ich habe seit dem Jahre 1827 oft mit Lassen über die merkwürdige Stelle des Plinius XII, 6 korrespondiert: „Major alia (arbor) pomo et suavitate praecellentior, quo *sapientes* Indorum vivunt. Folium alas avium imitatur, longitudine trium cubitorum, latitudine duûm. Fructum cortice mittit, admirabilem succi dulcedine ut uno quaternos satiet. Arbori nomen *palae*, pomo *arienae*." Folgendes ist das Resultat der Untersuchung meines gelehrten Freundes: „Amarasinha stellt die Musa (Banane, Pisang) an die Spitze aller nahrhaften Pflanzen. Unter den vielen Sanskritnamen, die er anführt, finden sich: varanabuscha, bhanuphala (Sonnenfrucht) und moko, woraus das arabische mauza. Phala (pala) heißt Frucht im allgemeinen und ist also nur aus Mißverständnis für den Namen der Pflanze gehalten worden. Varana kommt ohne buscha nicht im Sanskrit als Name der Musa vor, die Abkürzung mag aber der Volkssprache angehört haben; varana wäre griechisch ὀυαρενα, was gewiß von ariena nicht sehr entfernt ist." Den chemischen Zusammenhang des nahrhaften Amylum mit dem Zuckerstoff haben Prosper Alpinus und Abd-Allatif gleichsam geahnet, indem sie die Entstehung der Musa aus der Insertion des Zuckerrohrs oder der süßen Dattelfrucht in die Wurzel der Kolocasia zu erklären suchten.

[51] (S. 132.) Cuvier hat, als er das Leben des Aristoteles bearbeitete, an diese Begleitung nach Aegypten geglaubt, von woher der Stagirite alle Materialien zu der Historia Animalium nach Athen erst Ol. 112, 2 sollte zurückgebracht haben. Später (1830) hat der große Naturforscher diese Meinung aufgegeben, weil er nach näherer Untersuchung bemerkte, „daß die Beschreibungen der ägyptischen Tiere nicht nach dem Leben, sondern nach Notizen des Herodot entworfen wären".

[52] (S. 132.) Zu diesen inneren Kennzeichen gehören: die Angabe von der vollkommenen Abgeschlossenheit (Isoliertheit) des Kaspischen Meeres, die von dem großen unter dem Archonten Nikomachus erschienenen Kometen, Ol. 109, 4 nach Corsini, der nicht mit dem, welchen Herr von Boguslawsky neuerlichst den Kometen des Aristoteles (unter dem Archonten Asteus, Ol. 101, 4; identisch mit dem Kometen von 1695 und 1843?) genannt hat, zu verwechseln ist, die Erwähnung der Zerstörung des Tempels zu Ephesus, wie die eines in 50 Jahren zweimal gesehenen Mondregenbogens. Daß die Tiergeschichte später geschrieben als die Meteorologica, erkennt man auch daraus, daß in diesen bereits

auf jene als auf einen Gegenstand hingedeutet wird, der bald folgen soll.

[*] (S. 133.) Die im Texte genannten fünf Tiere, und unter ihnen vorzüglich den Hippelaphus (Pferdhirsch mit langer Mähne), das Hippardion, das baktrische Kamel und den Büffel, führt Cuvier als Beweise der späteren Abfassung der Historia Animalium des Aristoteles an. Cuvier unterscheidet in dem vierten Bande seiner vortrefflichen Recherches sur les Ossemens fossiles 1823, p. 40—43 und p. 502 zwischen zwei gemähnten Hirschen Asiens, die er Cervus hippelaphus und Cervus Aristotelis nennt. Anfangs hielt er den ersteren, von welchem er ein lebendiges Exemplar in London gesehen und von welchem Diard ihm Felle und Geweihe aus Sumatra geschickt hatte, für den hippelaphos des Aristoteles aus Arachosien; später schien ihm ein von Duvancel aus Bengalen gesandter Hirschkopf, der Zeichnung des ganzen großen Tieres nach, noch mehr mit der Beschreibung des Stagiriten vom Hippelaphus übereinzustimmen. Letzterer, einheimisch in dem bengalischen Gebirge Sylhet, in Nepal und östlich vom Indus, erhielt nun den Namen Cervus Aristotelis. Wenn in demselben Kapitel, in welchem Aristoteles von gemähnten Tieren im allgemeinen redet, neben dem Pferdhirsch (Equicervus) auch der indische Guepard oder Jagdtiger (Felis jubata) bezeichnet sein soll, so ist, wie Schneider will, die Lesart πάρδιον der τὸ ἱππάρδιον vorzuziehen. Die letztere Lesart würde am besten, wie auch Pallas meint, auf die Giraffe zu deuten sein. — Hätte Aristoteles den Guepard selbst gesehen und nicht bloß beschreiben hören, wie würde er die nicht retraktilen Klauen in einem katzenartigen Tiere unerwähnt gelassen haben! Ebenso ist es auffallend, daß der immer so genaue Aristoteles, wenn er wirklich (wie August Wilhelm von Schlegel behauptet) „nahe bei seiner Wohnung zu Athen eine Menagerie gehabt und einen von den bei Arbela erbeuteten Elefanten selbst zergliedert" hätte, die kleine Oeffnung neben den Schläfen, in welcher besonders zur Brunstzeit des Elefanten eine starkriechende Flüssigkeit abgesondert wird und auf welche die indischen Dichter so oft anspielen, nicht beschrieben habe. Ich erinnere an diesen kleinlich scheinenden Umstand hier besonders deshalb, weil uns die eben genannte Drüsenöffnung zunächst aus Berichten des Megasthenes bekannt war, und doch gewiß niemand darum diesem eine anatomische Kenntnis zuschreiben wird. Ich finde in den verschiedenen zoologischen Werken des Aristoteles, welche auf uns gekommen sind, nichts, was auf Selbstbeobachtung an Elefanten oder gar auf Zergliederung derselben zu schließen nötigte. Indes ist die Möglichkeit, daß die Historia Animalium, wenn sie auch am wahrscheinlichsten schon vor dem kleinasiatischen Feldzuge Alexanders vollendet war, doch, wie Stahr will, bis zu dem Lebensende des Verfassers (Ol. 114, 3, also drei Jahre nach dem Tode des großen Eroberers) durch Zusätze habe vervollständigt werden können, keineswegs zu leugnen;

es fehlt aber an direkten Zeugnissen dafür. Alles, was wir von dem Briefwechsel des Aristoteles besitzen, ist unecht; und Schneider sagt mit großer Zuversicht: „hoc enim tanquam certissimum sumere mihi licebit, scriptas comitum Alexandri notitias post mortem demum regis fuisse vulgatas.“

[54] (S. 133.) Ich habe an einem anderen Orte gezeigt, daß, wenn auch die Zerlegung des geschwefelten Queckſilbers durch Destillation schon im Diskorides beschrieben ist, doch die erste Beschreibung der Destillation einer Flüssigkeit (bei künstlicher Versüßung des Seewassers) sich in dem Kommentar des Alexander von Aphrodisias zu dem Buche De Meteorol. des Aristoteles findet. Alexander aus Aphrodisias in Karien, der gelehrte Kommentator der Meteorologica des Aristoteles, lebte unter Septimius Severus und Caracalla, und wenn bei ihm auch chemische Apparate χημικὰ ὄργανα heißen, so beweist doch wohl eine Stelle des Plutarch, daß das Wort Chemie, von den Griechen auf die ägyptische Kunst angewandt, nicht von χέω abzuleiten ist.

[55] (S. 133.) Wenn demnach die Sendungen aus Aegypten und Innerasien sehr unwahrscheinlich sind, so bezeugen dagegen die neuesten Arbeiten unseres großen Anatomen Johannes Müller, mit welcher wundervollen Feinheit Aristoteles Fische der griechischen Meere zergliederte. S über die Adhärenz des Eies mit dem Uterus in einer der beiden im Mittelmeer lebenden Arten der Gattung Mustelus, die im Fötuszustande eine Placenta des Dottersacks besitzt, welche mit der Uterinplacenta der Mutter zusammenhängt, die gelehrte Abhandlung von Johannes Müller und seine Untersuchungen über den γαλεὸς λεῖος des Aristoteles in den Abhandl. der Berliner Akademie aus dem Jahr 1840, S. 192—197. Ebenso zeugen für die feinsten anatomischen Selbstarbeiten des Stagiriten die Unterscheidung und ausführliche Zergliederung der Tintenfischarten, die Beschreibung der Zähne in den Schnecken und der Organe anderer Gasteropoden. Auf die Gestalt der Schneckenzähne habe ich selbst schon 1797 die neueren Naturforscher aufmerksam gemacht.

[56] (S. 134.) Valer Maxim. VII, 2: „ut cum Rege aut rarissime aut quam jucundissime loqueretur.“

[57] (S. 135.) So Theodectes von Phaselis. Alles Nördliche wurde mehr dem Westen, alles Südliche dem Osten zugeschrieben. Das Unbestimmte des Wortes Indien, schon damals an Ideen der Lage, der Menschenfärbung und kostbarer Erzeugnisse geknüpft, trug zur Verbreitung solcher meteorologischen Hypothesen bei; denn Indien hießen gleichzeitig Westarabien, das Land zwischen Ceylon und dem Ausfluß des Indus, das troglodytische Aethiopien, und das afrikanische Myrrhen- und Zimtland südlich vom Vorgebirge der Arome.

[58] (S. 135.) Die geographische Verbreitung der Menschenrassen kann so wenig als die der Pflanzen und Tiere in ganzen

Kontinenten nach Breitengraden bestimmt werden. Das Axiom, welches Ptolemäus aufstellt: daß es nördlich vom Parallel von Agisymba keine Elefanten, kein Rhinoceros und keine Neger gebe, ist völlig unbegründet. Die Lehre von dem allgemeinen Einfluß des Bodens und der Klimate auf die intellektuellen Anlagen und die Gesittung der Menschheit blieb der alexandrinischen Schule des Ammonius Saccas eigentümlich, besonders dem Longinus.

[59] (S. 135.) Untersuchungen über die Sprache im allgemeinen, insofern sie die Grundverhältnisse des Gedankens berührt, finden sich aber schon bei Aristoteles, da, wo er den Zusammenhang der Kategorieen mit grammatischen Verhältnissen entwickelt.

[60] (S. 136.) Die Schulen der Orchener und Borsipener, Strabo lib. XVI, p. 739. In dieser Stelle werden in Verbindung mit den chaldäischen Astronomen vier chaldäische Mathematiker namentlich aufgeführt; dieser Umstand ist historisch um so wichtiger, da Ptolemäus, als wären die Beobachtungen in Babylon immer nur kollegialisch angestellt worden, die Sternbeobachter stets durch den Gesamtnamen Χαλδαῖοι bezeichnet.

[61] (S. 136.) Wenn man den Zweifel gegen den Glauben an die von Kallisthenes aus Babylon nach Griechenland gesandten astronomischen Beobachtungen darauf gründet, „daß keine Spur von diesen Beobachtungen der chaldäischen Priestertafeln sich in den Schriften des Aristoteles finde", so vergißt man, daß Aristoteles gerade da, wo er von einer von ihm selbst beobachteten Bedeckung des Mars vom Monde spricht, ausdrücklich hinzufügt: „Eben dergleichen vieljährige an den übrigen Planeten gemachte Beobachtungen haben die Aegypter und die Babylonier angestellt, von denen viele zu unserer Kunde gelangt sind."

[62] (S. 137.) Diese Untersuchungen sind vom Jahre 1824.

[63] (S. 137.) Die herrlichen Waldungen von Cedrus deodvara, am häufigsten zwischen 8000 und 11000 Fuß (2600—3570 m), am oberen Hydaspes (Behut), der den Wularsee in dem Alpenthale von Kaschmir durchströmt, haben das Material zu Nearchs Flotte hergegeben. Der Stamm dieser Zeder hat nach der Beobachtung des leider der Wissenschaft (durch den Tod auf einem Schlachtfelde) entrissenen Dr. Hoffmeister, des Begleiters des Prinzen Waldemar von Preußen, oft bis 40 Fuß (13 m) Umfang.

[64] (S. 137.) Zwischen der Sarasvati, im Nordwesten von Delhi, und der felsenreichen Drischadvati liegt nach Manus Gesetzbuch Brahmavarta, ein von den Göttern selbst priesterlich eingerichteter Bezirk des Brahma; dagegen ist im weiteren Sinne des Wortes Aryavarta (das Land der Würdigen, Arier) in der alten indischen Geographie das ganze Gebiet östlich vom Indus zwischen dem Himalaya und der Vindhyakette, von welcher an südlich die alte nichtarische Urbevölkerung begann. Madhya-Desa, das Land der Mitte, dessen ich oben (Kosmos Bd. I, S. 11) erwähnte, war nur ein Teil von Aryavarta. Die

antiken indischen Freistaaten, die Gebiete der Königslosen (von den orthodoxen östlichen Dichtern verdammt), lagen zwischen dem Hydraotes und Hyphasis, d. i. zwischen dem jetzigen Ravi und dem Beas.

[65] (S. 141.) „Verstümmelt aus Tâmbapannî. Diese Paliform lautet im Sanskrit Tâmraparni; die griechische Form Taprobane gibt halb die sanskritische (Tâmbra, Tapro), halb die Paliform wieder." Auch die Lakediven (lakke statt lakscha und dive statt dwipa, einhundertausend Inseln) waren wie die Malediven (Malayadiba, d. i. Inseln von Malabar) den alexandrinischen Seeleuten bekannt.

[66] (S. 141.) Hippalus soll erst unter Claudius gelebt haben, aber die Angabe ist unwahrscheinlich; wenn auch unter den ersten Lagiden ein großer Teil der indischen Erzeugnisse nur auf arabischen Märkten gekauft wurden. Uebrigens wurde der Südwest-Monsun selbst Hippalus genannt, wie auch ein Teil des Erythräischen oder Indischen Ozeans das Meer des Hippalus hieß.

[67] (S. 142.) Siehe die Untersuchungen von Letronne über den Kanalbau zwischen dem Nil und dem Roten Meere von Neku bis zum Kalifen Osmar, durch einen Zeitraum von mehr als 1300 Jahren, in der Revue des deux Mondes T. XXVII, 1841, p. 215—235.

[68] (S. 142.) Meteorologische Spekulationen über die fernen Ursachen des Anschwellens des Nils veranlaßten einen Teil dieser Reisen, weil Philadelphus, wie Strabo sich ausdrückt, „wegen Wißbegier und Körperschwäche immer neue Zerstreuungen und Ergötzlichkeiten suchte".

[69] (S. 142.) Zwei Jägerinschriften, „von denen die eine vorzugsweise an die Elefantenjagden des Ptolemäus Philadelphus erinnert", hat Lepsius auf seiner ägyptischen Reise an den Kolossen von Abusimbel (Ibsambul) gefunden und kopiert. Wenngleich indisches Elfenbein nach dem Periplus maris Erythraei ein Ausfuhrartikel von Barygaza war, so wurde doch nach dem Berichte des Kosmas Elfenbein auch aus Aethiopien nach der westlichen Halbinsel von Indien exportiert. Die Elefanten haben sich seit dem Altertume, auch im östlichen Afrika, mehr nach Süden zurückgezogen. Nach dem Zeugnisse des Polybius trieb da, wo in der Schlacht afrikanische und indische Elefanten einander gegenüberstanden, der Anblick, der Geruch und das Geschrei der größeren und stärkeren indischen Elefanten die afrikanischen in die Flucht. Der letzteren sind wohl nie als Kriegselefanten so viele aufgestellt worden als in den asiatischen Feldzügen, wo Kandragupta 9000, der mächtige König der Prasier 6000, ja selbst Akbar noch ebenso viele versammelt hielten.

[70] (S. 143.) Die Bibliothek im Bruchium war die ältere, welche bei dem Brande der Flotte unter Julius Cäsar zerstört wurde. Die Bibliothek in Rhakotis machte einen Teil

des Serapeums aus, wo sie mit dem Museum verbunden war. Die Bücherſammlung von Pergamus wurde durch die Freigebigkeit des Antonius der Bibliothek in Rhakotis einverleibt.

[71] (S. 143.) Daß das Inſtitut von Alexandria, wie alle akademiſchen Korporationen, neben dem Vortrefflichen, was aus dem Zuſammenwirken der Kräfte und der Anſchaffung materieller Hilfsmittel entſteht, auch einſchränkend und beherrſchend wirkte, wurde ſchon im Altertume mannigfaltig bezeugt. Ehe noch die einſt ſo glänzende Stadt der traurige Sitz chriſtlich-theologiſcher Streitigkeiten wurde, beſtellte Hadrian ſeinen Lehrer Veſtinus zum Hohenprieſter von Alexandria (zu einer Art von Kultusminiſter) und zugleich zum Vorſteher des Muſeums (zum Präſidenten der Akademie).

[72] (S. 144.) Fries, Geſchichte der Philoſophie Bd. II, S. 5 und deſſen Lehrbuch der Naturlehre T. I, S. 42. Vergl. auch die Betrachtungen über den Einfluß, welchen Plato auf die Begründung der Erfahrungswiſſenſchaften durch Anwendung der Mathematik ausgeübt hat, in Brandis, Geſchichte der griechiſch-römiſchen Philoſophie T. II, Abt. 1, S. 276.

[73] (S. 145.) Ueber die Richtigkeit der großartigen orographiſchen Anſichten des Eratoſthenes ſ. meine Asie centrale T. I, p. 104—150, 198. 208—227, 413—415; T. II. p. 367 und 414—435. und Examen critique de l'hist. de la Géogr. T. I. p. 152—154. Ich habe die Gradmeſſung des Eratoſthenes mit Vorſicht die erſte helleniſche genannt, da eine uralte chaldäiſche Beſtimmung der Größe des Grades nach Kameelſchritten nicht unwahrſcheinlich iſt.

[74] (S. 145.) Mir ſcheint die letztere Benennung die richtigere, da Strabo einen „Seleucus von Seleucia unter mehreren ſehr ehrenwerten Männern als einen ſterntundigen Chaldäer" aufführt. Hier iſt wahrſcheinlich Seleucia am Tigris gemeint, eine blühende Handelsſtadt. Sonderbar iſt es freilich, daß derſelbe Strabo einen Seleucus als genauen Beobachter der Ebbe und Flut ebenfalls einen Babylonier (lib. I. p. 6) und ſpäter wieder (lib. III, p. 174), vielleicht aus Nachläſſigkeit, einen Erythräer nennt.

[75] (S. 145.) Böckh hat unterſucht, ob die Pythagoräer ſchon früh aus ägyptiſchen Quellen die Präceſſion unter der Benennung Bewegung des Fixſternhimmels gekannt haben. Letronne und Ideler vindizieren aber dieſe Entdeckung ausſchließlich dem Hipparch.

[76] (S. 146.) Der von le Verrier entdeckte Planet.

[77] (S. 148.) Der Flächeninhalt des römiſchen Reiches unter Auguſt iſt nach der Umgrenzung, welche Heeren in ſeiner Geſchichte der Staaten des Altertums S. 403—470 annimmt, von Profeſſor Berghaus, dem Verfaſſer des vortrefflichen phyſikaliſchen Atlaſſes, zu etwas mehr als 100 000 geographiſchen Quadratmeilen berechnet worden: ungefähr ¼ mehr als die Zahl (1 600 000 square miles), die Gibbon in der History of the

decline of the Roman Empire Vol. I, chapt. 1, p. 39, aber freilich selbst als überaus zweifelhaft, angibt.

[78] (S. 149.) Act. II, v. 371: in der viel berufenen Weissagung, welche schon seit Kolumbus dem Sohne auf die Entdeckung von Amerika gedeutet wurde.

[79] (S. 150.) Liber Ptholemei de opticis sive aspectibus, das seltene Manuskript der königlichen Pariser Bibliothek Nr. 7310, welches ich bei Gelegenheit der Auffindung einer denkwürdigen Stelle über die Strahlenbrechung im Sextus Empiricus untersucht habe. Die Auszüge, die ich aus dem Pariser Manuskripte 1811, also vor Delambre und Venturi, gegeben, stehen in der Einleitung meines Recueil d'Observations astronomiques Vol. I, p. LXV—LXX. Das griechische Original ist uns nicht erhalten, sondern nur eine lateinische Uebersetzung zweier arabischer Manuskripte der Optik des Ptolemäus. Der lateinische Uebersetzer nennt sich Amiracus Eugenius, Siculus.

[80] (S. 150. Letronne beweist aus der Begebenheit des fanatisch-christlichen Mordes der Tochter des Theon von Alexandrien, daß das so viel bestrittene Zeitalter des Diophantus doch nicht nach dem Jahre 389 fallen kann.

[81] (S. 151.) Diese Wohlthat der Gesittung der Anregung zu menschlichen Gefühlen durch Verbreitung einer Sprache ist in dem Lobe Italiens von Plinius schön bezeichnet: „Omnium terrarum alumna eadem et parens, numine Deûm electa, quae sparsa congregaret imperia ritusque molliret, et tot populorum discordes ferasque linguas sermonis commercio contraheret, colloquia, et *humanitatem homini daret*, breviterque una cunctarum gentium in toto orbe patria fieret."

[82] (S. 153.) Zu dieser blonden, blauäugigen indogermanischen, gotischen oder arischen Rasse des östlichen Asiens gehören die Usün, Tingling, Hutis und großen Yueten. Die letzten werden von den chinesischen Schriftstellern ein tibetischer Nomadenstamm genannt, der schon 300 Jahre vor unserer Zeitrechnung zwischen dem oberen Lauf des Hoangho und dem Schneegebirge Nanschan eingewandert war. Ich erinnere hier an diese Abkunft, da die Serer ebenfalls rutilis comis et caeruleis oculis beschrieben werden. Die Kenntnis dieser blonden Rassen, welche in dem östlichsten Teil von Asien auftreten und den ersten Anstoß zur sogenannten großen Völkerwanderung gaben, haben wir den Nachforschungen von Abel Rémusat und Klaproth zu verdanken; sie gehören zu den glänzenden geschichtlichen Entdeckungen unseres Zeitalters.

[83] (S. 153.) Der gründliche Colebrooke setzt Warahamihira in das 5., Brahmagupta an das Ende des 6. Jahrhunderts, und Aryabhatta ziemlich unbestimmt zwischen 200 und 400 unserer Zeitrechnung.

[84] (S. 154.) Ueber die Gründe, welche nach dem Zeugnis unseres Textes des Strabo den so überaus späten Beginn der Aus-

arbeitung beweisen, s. Groskurds deutsche Uebersetzung T. I, (1831) S. XVII.

[55] (S. 154.) „In der wichtigen neuen Ausgabe des Strabo von Gustav Kramer (1844) wird für „Kreis von Thinä Kreis von Athen gelesen, als wäre Thinä erst im Pseudo-Arrian, im Periplus maris Rubri genannt worden." Diesen Periplus setzt Dodwell unter M. Aurelius und Lucius Verus, während derselbe nach Letronne erst unter Septimius Servus und Caracalla verfaßt wurde. Obgleich fünf Stellen des Strabo nach allen Handschriften Thinae haben, so entscheiden doch lib. II, p. 79. 86. 87 und vor allen 82, wo selbst Eratosthenes genannt ist, für den Parallelkreis von Athen und Rhodus. Man verwechselte beide, da die alten Geographen die Halbinsel von Attika zu weit gegen Süden vorstreckten. Auch müßte es auffallend scheinen, wäre die gewöhnliche Lesart Θινῶν κύκλος die richtigere, daß nach einem so wenig bekannten Orte der Sinen (Tsin) ein eigener Parallelkreis, das Diaphragma des Dicäarchus, bekannt worden sei. Indes setzt Kosmas Indicopleustes sein Tzinitza (Thinä) ebenfalls in Verbindung mit der Gebirgskette, welche Persien und die romanischen Länder, wie die ganze bewohnte Welt in zwei Teile teilt; er fügt sogar die Bemerkung hinzu (und diese Worte sind sehr merkwürdig): nach dem Glauben der indischen Philosophen oder Brachmanen. Der Pseudo-Arrian, Agathemeros nach den gelehrten Untersuchungen von Professor Franz und Cosmas schreiben bestimmt der Metropolis der Sinen eine sehr nördliche Breite, ungefähr im Parallel von Rhodos und Athen, zu, während Ptolemäus, durch Schiffernachrichten verführt, nur ein Thinä 3 Grade südlich vom Aequator kennt. Ich vermute, daß Thinä bloß im allgemeinen ein sinesisches Emporium, einen Hafen im Lande Tsin, bezeichnet und daß daher ein Thinä (Tzinitza) nördlich und ein anderes südlich vom Aequator habe genannt werden können.

[56] (S. 154.) Ueber Hebung der Inseln und des Festlandes s. besonders lib. I. p. 51, 54 und 59. Schon der alte Eleate Xenophanes lehrte, durch die Fülle fossiler Seeprodukte fern von den Küsten geleitet, „daß der jetzt trockene Erdboden aus dem Meere gehoben sei". Appulejus sammelte zur Zeit der Antonine Versteinerungen auf den gätulischen (mauretanischen) Gebirgen und schrieb sie der Deukalionischen Flut zu, welche er sich demnach ebenso allgemein dachte als die Hebräer die Noachidische und die meritanischen Azteken die Flut des Corcor. Die Behauptungen Beckmanns und Cuviers, daß Appulejus eine Naturaliensammlung gehabt, hat Prof. Franz durch sehr sorgfältige Untersuchung widerlegt.

[57] (S. 156.) S. die auffallendsten Beispiele falscher Orientierungen von Bergketten bei Griechen und Römern zusammengestellt in der Einleitung zu meiner Asie centrale T. I, p. XXXVII bis XL. Ueber die Ungewißheit der numerischen Fundamente von Ptolemäus' Ortsbestimmungen finden sich be-

friedigendsten speziellen Untersuchungen in einer Abhandlung von Ukert im Rheinischen Museum für Philologie Jahrg. VI, 1883, S. 314—324.

[87] (S. 156.) Beispiele von Zend- und Sanskritwörtern, die uns in der Geographie des Ptolemäus erhalten sind, s. in Lassen, Diss. de Taprobane insula p. 6. 9 und 17; in Burnoufs Comment. sur le Yaçna T. I, p. XCIII—CXX und CLXXXI bis CLXXXV, in meinem Examen crit. de l'hist. de la Géogr. T. I. p. 45—49. In seltenen Fällen gibt Ptolemäus den Sanskritnamen und dessen Bedeutung zugleich, wie für die Insel Java als eine Gersteninsel: Ἰαβαδίου. ὃ σημαίνει κριθῆς νῆσος. Noch heute wird nach Buchmann in den hauptsächlichsten indischen Sprachen (dem Hindostani, Bengali und Nepal; in der mahrattischen, guzeratischen und singhalesischen Sprache) wie im Persischen und Malayischen die zweizeilige Gerste, Hordeum distichon: yava, dschav oder dschau, im Orissa yaa genannt.

[88] (S. 157.) Die Hypothese des Agesianax, nach welcher die Mondflecken, in denen Plutarch eine eigene Art (vulkanischer?) Lichtberge zu sehen glaubte, bloß abgespiegelte Erdländer und Erdmeere mit ihren Isthmen sind, habe ich selbst bei einigen sehr gebildeten Persern wiedergefunden. „Was man uns," sagten sie, „durch Fernröhren auf der Mondfläche zeigt, sind zurückgeworfene Bilder unseres Landes."

[90] (S. 157.) Theon erwähnt nie der Optik des Ptolemäus, ob er gleich zwei volle Jahrhunderte nach ihm lebte.

[91] (S. 158.) Oft ist es in der Physik der Alten schwer zu entscheiden, ob ein Resultat Folge einer hervorgerufenen Erscheinung oder einer zufällig beobachteten ist. Wo Aristoteles von der Schwere der Luft handelt, was freilich Ideler zu leugnen scheint, sagt er bestimmt: „Ein aufgeblasener Schlauch ist schwerer als ein leerer." Der Versuch muß mit verdichteter Luft gemacht worden sein, falls er wirklich unternommen wurde.

[92] (S. 158.) Der numidische Metellus ließ 142 Elefanten im Circus töten. In den Spielen, welche Pompejus gab, erschienen 600 Löwen und 406 Panther. August hatte den Volksfesten 3500 reißende Tiere geopfert; und ein zärtlicher Gatte klagt, daß er den Todestag seiner Gattin nicht durch ein blutiges Gladiatorengefecht zu Verona feiern könne, „weil widrige Winde die in Afrika gekauften Panther im Hafen zurückhalten!"

[93] (S. 159.) Doch hat Appulejus, wie Cuvier erinnert, die knochenartigen Haken im zweiten und dritten Magen der Aplysien (Seehasen) zuerst genau beschrieben.

[94] (S. 161.) „Est enim animorum ingeniorumque naturale quoddam quasi pabulum consideratio contemplatioque naturae. Erigimur, elatiores fieri videmur, humana despicimus: cogitantesque supera atque coelestia haec nostra, ut exigua et minima, contemnimus."

[95] (S. 161.) Alle früheren Ausgaben endigten bei den Worten Hispaniam, quaecunque ambitur mari. Der Schluß des Werkes ist 1831 in einem Bamberger Kodex von Herrn Ludwig v. Jan (Professor zu Schweinfurt) entdeckt worden.

[96] (S. 166.) Ueber die nähere ethnologische Stellung der abendländischen Hunnen ist man noch nicht im klaren. Deguignes und Neumann halten die Hunnen für identisch mit den Hiongnu, Klaproth dagegen nimmt an, sie seien Finnen gewesen. Und ihm folgt Humboldt. [D. Herausg.]

[97] (S. 166.) Wenn Karl Martell, wie man oft gesagt, durch seinen Sieg bei Tours das mittlere Europa gegen den einbrechenden Islam geschützt hat, so kann man nicht mit gleichem Rechte behaupten, daß der Rückzug der Mongolen nach der Schlacht bei Liegnitz den Buddhismus gehindert habe, bis an die Elbe und den Rhein vorzudringen. Die Mongolenschlacht in der Ebene von Wahlstatt bei Liegnitz, in welcher Herzog Heinrich der Fromme heldenmütig fiel, ward am 9. April 1241 geliefert, vier Jahre nachdem unter Batu, dem Enkel Dschengischans, das Kiptschak und Rußland den asiatischen Horden dienstbar wurden. Die erste Einführung des Buddhismus unter den Mongolen fällt aber in das Jahr 1247, als fern im Osten zu Leang-tscheu, in der chinesischen Provinz Schensi, der kranke mongolische Prinz Godan den Sakya Pandita, einen tibetanischen Erzpriester, zu sich berief, um sich von ihm heilen und bekehren zu lassen. Dazu haben die Mongolen sich nie mit der Bekehrung der überwundenen Völker beschäftigt.

[98] (S. 167.) Daher der Kontrast zwischen den tyrannischen Maßregeln des Motewekkil, zehnten Kalifen aus dem Hause der Abbassiden, gegen Juden und Christen und der milden Toleranz unter weiseren Herrschern in Spanien. Auch ist zu erinnern, daß Omar nach der Einnahme von Jerusalem jeden Ritus des christlichen Gottesdienstes erlaubte und mit dem Patriarchen einen den Christen günstigen Vertrag abschloß.

[99] (S. 168.) „Ein starker Zweig der Hebräer war, der Sage nach, lange vor Abraham unter dem Namen Joktan (Dachthan) in das südliche Arabien hinabgewandert und hatte dort blühende Reiche gegründet."

[100] (S. 168.) Der Baum, welcher den arabischen, seit der urältesten Zeit berühmten Weihrauch von Hadhramaut gibt (auf der Insel Socotora fehlt derselbe ganz), ist noch von keinem Botaniker, selbst nicht von dem mühsam forschenden Ehrenberg, aufgefunden und bestimmt worden. In Ostindien findet sich ein ähnliches Produkt, vorzüglich in Bundelkhund, mit welchem von Bombay aus ein beträchtlicher Handel nach China getrieben wird. Dieser indische Weihrauch wird nach Colebrooke von einer durch Roxburgh bekannt gewordenen Pflanze: Boswellia thurifera oder serrata, aus der Familie der Burseraceen von Kunth, gewonnen. Da wegen der ältesten Handelsverbindungen zwischen den Küsten

von Südarabien und des westlichen Indiens man in Zweifel ziehen konnte, ob der λίβανος des Theophrastus (das thus der Römer) ursprünglich der Arabischen Halbinsel zugehört habe, so ist Lassens Bemerkung sehr wichtig, daß der Weihrauch im Amara-Kosha selbst „jâwana, javanisch, d. h. arabisch, genannt", demnach als ein aus Arabien nach Indien gebrachtes Erzeugnis aufgeführt wird. „Turuschka' pindaka, sihlô (drei Benennungen des Weihrauchs) yâwanô", heißt es im Amara-Kosha. Auch Dioskorides unterscheidet den arabischen von dem indischen Weihrauch. Carl Ritter in seiner vortrefflichen Monographie der Weihrauchsarten bemerkt sehr richtig, dieselbe Pflanzenart (Boswellia thurifera) könne wegen der Aehnlichkeit des Klimas wohl ihre Verbreitungssphäre von Indien durch das südliche Persien noch Arabien ausdehnen. Der amerikanische Weihrauch (Olibanum americanum unserer Pharmakopöen) kommt von Icica guianensis Aubl. und Icica tacamahaca, die wir, Bonpland und ich, häufig in den großen Grasebenen (Llanos) von Calabozo in Südamerika gefunden haben. Icica ist wie Boswellia aus der Familie der Burseraceen. Die Rottanne (Pinus abies Linn.) erzeugt den gemeinen Weihrauch unserer Kirchen. — Die Pflanze, welche die Myrrhe trägt und welche Bruce glaubte gesehen zu haben, ist bei el-Gisan in Arabien von Ehrenberg entdeckt und nach den von ihm gesammelten Exemplaren durch Nees von Esenbeck unter dem Namen Balsamodendron myrrha beschrieben worden. Man hielt lange fälschlich Balsamodendron Kotaf Kunth, eine Amirys von Forskal, für den Baum der echten Myrrhe.

[101] (S. 169.) Auf uralte Völkerwanderungen gegen Westen deuten die Sagen von Persern und Medern im nördlichen Afrika. Sie sind an die vielgestaltete Mythe von Herkules und dem phönizischen Melkarth geknüpft worden. Strabo nennt die Mauriſier (Bewohner von Mauretanien) gar „mit Herkules gekommene Inder".

[102] (S. 173.) Ueber die Kenntnisse, welche die Araber aus der Arzneimittellehre der Inder geschöpft haben, s. die wichtigen Untersuchungen von Wilson im Oriental Magazine of Calcutta 1823 Februar und März und von Royle in seinem Essay on the antiquity of Hindoo Medicina 1837. p. 56—59. 64—66, 73 und 92. Vergl. ein Verzeichnis pharmazeutischer arabischer Schriften, die aus dem Indischen übersetzt sind, in Ainslie (Ausgabe von Madras), p. 289.

[103] (S. 175.) Reinaud in drei neueren Schriften, welche beweisen, wie viel neben den chinesischen Quellen noch aus den arabischen und chinesischen zu schöpfen ist: Fragments arabes et persans inédits relatifs à l'Inde, antérieurement au XIe siècle de l'ère chrétienne, 1845, p. XX—XXXIII; Relation des Voyages faits par les Arabes et les Persans dans l'Inde et à la Chine dans le IXe siècle de notre ère, 1845, T. I, p. XLVI; Mémoire géographique

et historique sur l'Inde d'après les écrivains Arabes, Persans et Chinois, antérieurement au milieu du onzième siècle de l'ère chrétienne, 1846, p. 6. Die zweite Schrift des gelehrten Orientalisten Herrn Reinaud ist eine neue Bearbeitung der vom Abbé Renaudot so unvollständig herausgegebenen Anciennes relations des Indes et de la Chine de deux voyageurs Mahométans (1718). Die arabische Handschrift enthält nur einen Reisebericht, den des Kaufmanns Soleiman, welcher sich auf dem Persischen Meerbusen im Jahre 851 einschiffte. Diesem Berichte ist angehängt, was Abu-Zeyd-Hassan aus Syraf im Farsistan, welcher nie nach Indien oder China gereist war, von anderen unterrichteten Kaufleuten erfahren hatte.

[104] (S. 175.) Die Oriental Geography von Ebn-Haukal, welche Sir William Ouseley im Jahre 1800 zu London herausgegeben hat, ist die des Abu-Ishak el-Istachri und, wie Frähn erwiesen, ein halbes Jahrhundert älter als Ebn-Haukal. Die Karten, welche das Buch der Klimate vom Jahre 920 begleiten und von denen die Bibliothek zu Gotha eine schöne Handschrift besitzt, sind mir sehr nützlich bei meinen Arbeiten über das Kaspische Meer und den Aralsee geworden. Wir besitzen vom Istachri seit kurzem eine Ausgabe und eine deutsche Uebersetzung.

[105] (S. 176.) Die Längenbestimmungen, welche Abul-Hassan Ali aus Marokko, Astronom des 13. Jahrhunderts, seinem Werke über die astronomischen Instrumente der Araber einverleibt hat, sind alle nach dem ersten Meridian von Arin gerechnet. Herr Sédillot der Sohn richtete zuerst die Aufmerksamkeit der Geographen auf diesen Meridian. Es hat derselbe ebenfalls ein Gegenstand meiner sorgfältigen Untersuchungen werden müssen, da Christoph Kolumbus, wie immer, von der Imago Mundi des Kardinals d'Ailly geleitet, in seinen Phantasieen über die Ungleichartigkeit der Erdgestalt in der östlichen und westlichen Hemisphäre einer Isla de Arin erwähnt: „Centro de el hemispherio del qual habla Toloméo y què debaxo la linea equinoxial entre el Sino Arabico y aquel de Persia." Sonderbar ist es, daß Edrisi nichts von Khobbet Arin (Cancadora, eigentlich Kanker) zu wissen scheint. Sédillot der Sohn setzt den Meridian von Arin in die Gruppe der Azoren, während der gelehrte Kommentator des Abulfeda, Herr Reinaud, annimmt, „daß Arin aus Verwechselung mit azyn, ozein und Odjein, dem Namen eines alten Kultursitzes (nach Bournouf Udjijayani) in Malva, Ὄζηνη des Ptolemäus, entstanden ist. Dies Ozene liege im Meridian von Lanka, und in späterer Zeit sei Arin für eine Insel an der Küste Zanguebar gehalten worden: vielleicht Ἔσσυνον des Ptolemäus."

[106] (S. 176.) Der Kalif Al Mamun ließ viele kostbare griechische Handschriften in Konstantinopel, Armenien, Syrien und Aegypten aufkaufen und unmittelbar aus dem Griechischen in das

Arabische übertragen, da früher die arabischen Uebersetzungen sich lange auf syrische Uebersetzungen gründeten. Durch Al Mamuns Bemühungen wurde daher manches gerettet, was ohne die Araber ganz für uns verloren gegangen wäre. Einen ähnlichen Dienst haben, wie Neumann in München zuerst gezeigt, armenische Uebersetzungen geleistet. Leider läßt eine Notiz des Geschichtschreibers Seuzi aus Bagdad, die der berühmte Geograph Leo Africanus in einer Schrift De viris inter Arabes illustribus uns erhalten hat, vermuten, daß zu Bagdad selbst manche griechische Originale, die man für unbrauchbar hielt, verbrannt worden sind; aber die Stelle bezieht sich wohl nicht auf wichtige schon übersetzte Handschriften. Sie ist mehrfacher Erklärung fähig, wie Bernhardy gegen Heerens Geschichte der klassischen Litteratur gezeigt hat. — Die arabischen Uebersetzungen haben allerdings oft zu den lateinischen des Aristoteles gedient (z. B. der acht Bücher der Physik und der Geschichte der Tiere), doch ist der größere und bessere Teil der lateinischen Uebertragungen unmittelbar aus dem Griechischen gemacht. Diese zweifache Quelle erkennt man auch in dem denkwürdigen Briefe angegeben, mit welchem Kaiser Friedrich II. von Hohenstaufen im Jahre 1232 seinen Universitäten, besonders der zu Bologna, Uebersetzungen des Aristoteles sandte und anempfahl. Dieser Brief enthält den Ausdruck erhabener Gesinnungen; er beweist, daß es nicht die Liebe zur Naturgeschichte allein war, welche Friedrich II. den Wert der Philosopheme, „compilationes varias quae ab Aristotele aliisque philosophis sub graecis arabicisque vocabulis antiquitus editae sunt", schätzen lehrte. „Wir haben von frühester Jugend an der Wissenschaft nachgestrebt, wenngleich die Sorgen der Regierung uns von ihr abgezogen haben; wir verwendeten unsere Zeit mit freudigem Ernste zum Lesen trefflicher Werke, damit die Seele sich aufhelle und kräftige durch Erwerbungen, ohne welches das Leben des Menschen der Regel und der Freiheit entbehrt (ut animae clarius vigeat instrumentum in acquisitione scientiae, sine qua mortalium vita non regitur liberaliter). Libros ipsos tamquam praemium amici Caesaris gratulanter accipite, et ipsos antiquis philosophorum operibus, qui vocis vestrae ministerio reviviscunt, aggregantes in auditorio vestro ....." Die Araber sind vermittelnd zwischen dem alten und neuen Wissen aufgetreten. Ohne sie und ihre Uebersetzungslust wäre den folgenden Jahrhunderten ein großer Teil von dem verloren gegangen, was die griechische Welt geschaffen oder sich angeeignet hatte. Nach dieser Ansicht haben die hier berührten, scheinbar bloß linguistischen Verhältnisse ein allgemeines kosmisches Interesse.

[107] (S. 176.) Susruta, Sohn des Visvamitra, wird nach Wilson für einen Zeitgenossen des Rama ausgegeben. Von seinem Werke haben wir eine Sanskritausgabe und eine lateinische Uebersetzung.

[108] (S. 177.) „Deiudar (deodar) aus dem Geschlechte des

abhel (juniperus); auch indische Tanne, welche eine eigene Milch, syr denudar (flüssigen Terpentin), gibt," sagt Avicenna.

[109] (S. 177.) Spanische Juden aus Cordova brachten die Lehren des Avicenna nach Montpellier und trugen am meisten zur Stiftung dieser berühmten medizinischen Schule bei, die, nach arabischen Mustern gebildet, schon in das 12. Jahrhundert fällt.

[110] (S. 177.) Ueber die Gartenanlagen in dem Palast von Rißafah, welchen Abdurrahman Ibn-Moawijeh erbaute, s. History of the Mohammedan dynasties in Spain, extracted from Ahmed Ibn Mohammed Al-Makkarí by Pascual de Gayangos Vol. I, 1840, p. 209—211. „En su Huerta plantó el Rey Abdurrahman una palma que era entonces (756) unica, y de ella procedieron todas las que hay en España. La vista del arbol acrecentaba mas que templaba su melancolia." (Antonio Conde, Hist. de la dominacion de los Arabes en España T. I, p. 169.)

[111] (S. 177.) Die Bereitung der Salpetersäure und des Königswassers von Djaber (eigentlich Abu-Mußah Dschafar) ist über 500 Jahre älter als Albert der Große und Raimund Lullus, ja fast 700 Jahre älter als der Erfurter Mönch Basilius Valentius. Doch wurde lange diesen dreien die epochemachende Entdeckung jener zerlegenden (aufschließenden) Säuren zugeschrieben.

[112] (S. 177.) Ueber die Vorschrift des Razes zur Weingärung von Amylum und Zucker und zur Destillation des Alkohols s. Hoefer, Hist. de la Chimie T. I, p. 325. Wenn auch Alexander von Aphrodisias eigentlich nur die Destillation des Seewassers umständlich beschreibt, so erinnert er doch schon daran, daß auch Wein destilliert werden könne. Diese Behauptung ist um so merkwürdiger, als Aristoteles die irrige Meinung vorträgt, durch natürliche Verdunstung steige aus dem Wein nur süßes Wasser auf, wie aus dem Salzwasser des Meeres.

[113] (S. 178.) Die Chemie der Inder, die alchimistischen Künste umfassend, heißt rasâyana (rasa, Saft, Flüssiges, auch Quecksilber, und âyana, Gang) und bildet nach Wilson die siebente Abteilung des Ayur-Veda, der Wissenschaft des Lebens oder der Lebensverlängerung. Die Inder kennen seit der ältesten Zeit die Anwendung der Beizen bei der Kaliko- oder Kattundruckerei, einer ägyptischen Kunst, die man bei Plinius auf das deutlichste beschrieben findet. Der Name Chemie für Scheidekunst bezeichnet wörtlich ägyptische Kunst, Kunst des schwarzen Landes; denn schon Plutarch wußte, „daß die Aegypter ihr Land wegen der schwarzen Erde Χημία nannten". Die Inschrift von Rosette hat Chmi. Das Wort Chemie, auf Scheidekunst angewandt, finde ich zuerst in dem Dekrete des Diokletian „gegen die alten Schriften der Aegypter, welche von der Chemie des Goldes und Silbers handeln (περὶ χημείας ἀργύρου καὶ χρυσοῦ)".

[114] (S. 178.) Laplace, Am. Sédillot, auch Thomas

Young zweifeln nicht daran, daß Ebn-Junis am Ende des 10. Jahrhunderts das Pendel zur Zeitbestimmung angewandt hat; aber die Verbindung des Pendels mit Räderwerk schreibt er erst dem Sanctorius (1612, also 44 Jahre vor Huygens) zu. Von der überaus künstlichen Uhr, die unter den Geschenken sich befand, welche Harun Alraschid oder vielmehr der Kalif Abdallah aus Persien dem Kaiser Karl dem Großen zwei Jahrhunderte früher (807) nach Aachen schickte, sagt Eginhard bestimmt, daß sie durch Wasser bewegt wurde (Horologium ex auricalco arte mechanica mirifice compositum, in quo duodecim horarum cursus ad clepsydram vertebatur). Die Stunden wurden angegeben durch das tönende Herabfallen kleiner Kugeln, wie durch das Hervortreten von kleinen Reitern aus ebensovielen sich öffnenden Thüren. Die Art, wie das Wasser in solchen Uhren wirkte, mag wohl bei Chaldäern, welche „die Zeit wogen" (durch das Gewicht der Flüssigkeit bestimmten), bei Griechen und Indern in den Klepsydren sehr verschieden gewesen sein; denn des Ktesibius hydraulisches Uhrwerk (unter Ptolemäus Evergetes II.), welches das ganze Jahr hindurch zu Alexandria die bürgerlichen Stunden angab, kommt nach Ideler nie unter der gemeinen Benennung κλεψύδρα vor. Nach Vitruvs Beschreibung war es eine wirkliche astronomische Uhr ein horologium ex aqua, eine sehr zusammengesetzte machina hydraulica, durch gezähnte Räder (versatilis tympani denticuli aequales alius alium impellentes) wirkend. Es ist also nicht unwahrscheinlich, daß die Araber, mit dem bekannt, was unter der römischen Weltherrschaft sich von verbesserten mechanischen Vorrichtungen verbreitet hatte, eine hydraulische Uhr mit Räderwerk, tympana quae nonnulli rotas appellant, Graeci autem περίτροχα, zustande gebracht haben. Doch äußert noch Leibniz seine Verwunderung über die Konstruktion der Uhr des Harun Alraschid. Viel merkwürdiger ist aber das Kunstwerk gewesen, welches der Sultan von Aegypten 1232 dem Kaiser Friedrich II. schickte. Es war ein großes Zelt, in dem Sonne und Mond, durch künstliche Verrichtungen bewegt, auf- und untergingen und in richtigen Zwischenräumen die Stunden des Tages und der Nacht zeigten. In den Annales Godefridi monachi S. Pantaleonis apud Coloniam Agrippinam heißt es: „Tentorium, in quo imagines Solis et Lunae artificialiter motae cursum suum certis et debitis spaciis peragrant et horas diei et noctis infallibiliter indicant." Der Mönch Godefridus, oder wer sonst in der vielleicht von mehreren Verfassern herrührenden und für das Kloster St. Pantaleon in Köln eingerichteten Chronik diese Jahre behandelt hat, lebte zur Zeit des großen Kaisers Friedrich II. selbst. Der Kaiser ließ das Kunstwerk, dessen Wert auf 20000 Mark angegeben wurde, in Venusium bei anderen Schätzen bewahren. Daß, wie oft behauptet wird, das ganze Zelt sich wie das Himmelsgewölbe bewegt habe, ist mir sehr unwahrscheinlich. In der Chronica Monasterii Hirsaugiensis,

die Trithemius herausgegeben, ist die Stelle der Annales Godefridi fast nur wiederholt, ohne daß man über die mechanische Vorrichtung belehrt würde. Reinaud sagt, die Bewegung sei gewesen „par des ressorts cachés".

[117] (S. 179.) Ueber die indischen Tafeln, welche Alphazari und Alkoresmi ins Arabische übersetzt haben, s. Chasles, Recherches sur l'Astronomie indienne in den Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences T. XXIII, 1846 p. 846—850. Die Substitution der Sinus für die Bögen, welche man gewöhnlich dem Albategnius im Anfang des 10. Jahrhunderts zuschreibt, gehört ursprünglich auch den Indern; Sinustafeln finden sich schon in dem Surya-Siddhanta.

[118] (S. 179.) Albyrunis eigentlicher Name war Abul-Ryhan. Er war gebürtig aus Byrun im Industhale, war ein Freund des Avicenna und lebte mit ihm in der arabischen Akademie, die sich im Charezm gebildet hatte. Sein Aufenthalt in Indien wie die Abfassung seiner Geschichte von Indien (târikhi-Hind), aus welcher Reinaud die merkwürdigsten Bruchstücke bekannt gemacht hat, fallen in die Jahre 1030—1032.

[117] (S. 180.) Gegen diese Meinung behauptet Herr Biot, daß die schöne Entdeckung des Tycho dem Abul-Wefa keineswegs gehöre, daß dieser nicht die variation, sondern nur den zweiten Theil der évection gekannt habe.

[118] (S. 181.) Ueber die Sternwarte von Meragha s. Delambre, Histoire de l'Astronomie du moyen-âge, p. 198—203, und Am. Sédillot, Mém. sur les Instr. arabes, 1841, p. 201—205, wo der Gnomon mit zirkelrunder Oeffnung beschrieben wird; über das Eigentümliche des Sternkatalogs von Ulugh Beig s. J. J. Sédillot, Traité des Instruments astronomiques des Arabes, 1834, p. 4.

[119] (S. 181.) Auch nach China verbreiteten sich gegen das Jahr 720 die mathematischen Kenntnisse der Inder, aber zu einer Zeit, wo schon viele Araber in Canton und in anderen chinesischen Städten angesiedelt waren.

[120] (S. 182.) Vergl. auch mein Examen crit. de l'hist. de la Géographie T. IV. p. 275. „In der einfachen Herzählung der verschiedenen Methoden, welche Völker, denen die indische Positionsarithmetik unbekannt war, angewandt haben, um die multipla der Fundamentalgruppen auszudrücken, liegt, glaube ich, die Erklärung von der allmählichen Entstehung des indischen Systems. Wenn man die Zahl 3568 perpendikular oder horizontal durch Hilfe von Indikatoren ausdrückt, welche den verschiedenen Abteilungen des

3 5 6 8

Abakus entsprechen (also MCXI), so erkennt man leicht, daß die Gruppenzeichen (M, C . . .) weggelassen werden können. Unsere indischen Zahlen sind aber nichts anderes als jene Indikatoren; sie sind Multiplikatoren der verschiedenen

Gruppen. An diese alleinige Bezeichnung durch Indikatoren erinnert auch der altasiatische Suanpan (die Rechenmaschine, welche die Mongolen in Rußland eingeführt haben) mit aufeinander folgenden Reihen von Schnüren der Tausende, Hunderte, Zehner und Einheiten. Diese Schnüre würden bei dem eben angeführten numerischen Beispiele 3, 5, 6 und 8 Kugeln darbieten. Im Suanpan ist kein Gruppenzeichen sichtbar; die Gruppenzeichen sind die Stellen selbst, und diese Stellen (Schnüre) werden mit Einheiten (3, 5, 6 und 8), als Multiplikatoren oder Indikatoren, angefüllt. Auf beiden Wegen, dem der figurativen (schreibenden) und dem der palpablen (betastenden) Arithmetik, gelangt man demnach zur Position, zum Stellenwert, zum einfachen Gebrauch von neun Zahlen. Ist die Schnur leer, so bleibt die Stelle im Schreiben offen; fehlt eine Gruppe (ein Glied der Progression), so wird graphisch die Leere durch die Hieroglyphen der Leere (sûnya, sifron, tzûphra) ausgefüllt. In der Methode des Eutocius finde ich bei der Gruppe der Myriaden die erste Spur des für den Orient so wichtigen Exponential- oder vielmehr Indikationssystems unter den Griechen. Mα. Mβ. Mγ bezeichnen 10 000, 20 000, 30 000. Was hier bei den Myriaden allein angewandt wird, geht bei den Chinesen und den Japanesen, die ihre Kultur von den Chinesen erst 200 Jahre vor unserer Zeitrechnung erhielten, durch alle multipla der Gruppen hindurch. Im Gobar, der arabischen Staubschrift, welche von meinem verewigten Freunde und Lehrer Silvestre de Sacy in einem Manuskript aus der Bibliothek der alten Abtei St. Germain des Prés entdeckt worden ist, sind die Gruppenzeichen Punkte, also Nullen; denn in Indien, Tibet und Persien sind Nullen und Punkte identisch. Man schreibt im Gobar 3˙ statt 30, 4˙˙ statt 400, 6˙˙˙ statt 6000. Die indischen Zahlen und die Kenntnis des Stellenwertes muß neuer sein als die Trennung der Inder und der Arier, denn das Zendvolk bediente sich der unbehilflichen Pehlwi-Zahlen. Für eine successive Vervollkommnung der Zahlenbezeichnung in Indien scheinen mir besonders die Tamul-Ziffern zu sprechen, welche durch neun Zeichen der Einheiten und durch besondere Gruppenzeichen für 10, 100 und 1000 alle Werte mittels links zugefügter Multiplikatoren ausdrücken. Für eine solche allmähliche Vervollkommnung sprechen auch die sonderbaren ἀριθμοὶ ἰνδικοί in einem von Prof. Brandis in der Pariser Bibliothek aufgefundenen und mir gütigst zur Bekanntmachung mitgeteilten Scholion des Mönches Neophytos. Die neun Ziffern des Neophytos sind, außer der 4, ganz den jetzigen persischen ähnlich; aber diese neun Einheiten werden 10fach, 100fach, 1000fach dadurch erhöht, daß man ein oder zwei oder drei Nullzeichen darüber schreibt, gleichsam wie $\overset{0}{2}$ für zwanzig, $\overset{0}{24}$ für vierundzwanzig, also durch Juxtaposition; $\overset{00}{5}$ für fünfhundert, $\overset{00}{36}$ für dreihundert und sechs. Denken

wir uns statt der Null bloß Punkte, so haben wir die arabische Staubschrift, Gobar. So wie nach der oftmaligen Aeußerung meines Bruders, Wilhelm von Humboldt, das Sanskrit sehr unbestimmt durch die Benennungen indische und altindische Sprache bezeichnet wird, da es auf der Indischen Halbinsel mehrere sehr alte, vom Sanskrit gar nicht abstammende Sprachen gibt, so ist auch der Ausdruck: indische, altindische Ziffern im allgemeinen sehr unbestimmt und eine solche Unbestimmtheit bezieht sich sowohl auf die Gestaltung der Zahlzeichen als auf den Geist der Methoden, der sich ausspricht bald durch bloße Beifügung (Juxtaposition), bald durch Koeffizienten und Indikatoren, bald durch eigentlichen Stellenwert. Selbst die Existenz eines Nullzeichens ist, wie das Scholion des Neophytos beweist, in indischen Ziffern noch kein notwendiges Bedingnis des einfachen Stellenwertes. Die tamul-sprechenden Inder haben von ihrem Alphabet scheinbar abweichende Zahlzeichen, von denen die 2 und 8 eine schwache Aehnlichkeit mit den Devanagari-Ziffern von 2 und 5 haben (Rob. Anderson, Rudiments of Tamul grammar. 1821. p. 135), und doch beweist eine genaue Vergleichung, daß die tamulischen Ziffern von der alphabetischen Tamulschrift abgeleitet sind. Noch verschiedener von den Devanagari-Zahlen sind nach Carey die singhalesischen. In diesen nun und in den tamulischen findet man keinen Stellenwert und kein Nullzeichen, sondern Hieroglyphen für die Gruppen von Zehnern, Hunderten und Tausenden. Die Singhalesen operieren wie die Römer durch Juxtaposition, die Tamulen durch Koeffizienten. Das wirkliche Nullzeichen als etwas Fehlendes wendet Ptolemäus sowohl im Almagest als in seiner Geographie in der abwärts steigenden Skala für fehlende Grade und Minuten an. Das Nullzeichen ist demnach im Occident weit älter als der Einbruch der Araber."

[121] (S. 186.) Gesehen wurden Teile von Amerika, aber nicht betreten, schon 14 Jahre vor Leif Eiriksson, auf der Schiffahrt, die Bjarne Herjulfsson von Grönland gegen Süden im Jahre 986 unternahm. Dieser sah zuerst das Land in der Insel Nantucket, einen Grad südlich von Boston; dann in Neuschottland, und zuletzt in Neufundland, das später Litla Helluland, nie aber Winland genannt wurde. Der Busen, welcher Neufundland von dem Ausfluß des großen Laurentiusstromes trennt, hieß bei den Normännern, die auf Island und Grönland angesiedelt waren, Markflandsbusen.

[122] (S. 186.) Gunnbjörn wurde nach den von ihm benannten Gunnbjörnsschären, die Kapitän Graah neuerlichst wieder entdeckt hat, im Jahre 876 oder 877 verschlagen; er hat zuerst die Ostküste von Grönland gesehen, ohne dort zu landen.

[123] (S. 187.) Diese amerikanischen Jahrestemperaturen der östlichen Küste unter den Parallelen von 42° 25′ und 41° 15′ entsprechen in Europa den Breiten von Berlin und Paris, also Orten, die 8° bis 10° nördlicher liegen. Dazu ist auf der Ostküste von

Nordamerika die Abnahme der Jahrestemperatur von niederen zu höheren Breiten so schnell, daß in dem Breitenunterschiede von Boston und Philadelphia, welcher 2° 41′ beträgt, 1° Breite in der Jahrestemperatur eine Wärmeabnahme von fast 2° des hundertteiligen Thermometers hervorbringt, während in dem System der isothermen Linien von Europa die Abnahme der Jahrestemperatur nach meinen Untersuchungen für denselben Abstand kaum einen halben Grad ausmacht.

[124] (S. 187.) Der Runenstein war auf dem höchsten Punkte der Insel Kingittorsoak gesetzt: „an dem Samstage vor dem Siegestage", d. i. vor dem 21. April, einem heidnischen Hauptfeste der alten Skandinavier, das bei der Annahme des Christentums in ein christliches Fest verwandelt wurde. Ueber die Zweifel an den Runenzahlen, welche Brynjulfsen, Mohnike und Klaproth geäußert, s. mein Examen crit. T. II, p. 97—101; doch halten Brynjulfsen und Graah nach anderen Kennzeichen das wichtige Monument der Woman's Islands (wie die zu Igalikko und Egegeit, Br. 60° 51′ und 60° 0′, gefundenen Runenschriften und die Ruinen von Gebäuden bei Upernavik, Br. 72° 50′) bestimmt für dem 11. und 12. Jahrhundert angehörig.

[125] (S. 188.) Nach einer sehr alten Saga wurde auch 1194 die nördlichste Ostküste von Grönland unter der Benennung Svalbard in einer Gegend besucht, die dem Scoresby-Lande entspricht, nahe dem Punkte, wo mein Freund, der damalige Kapitän Sabine, seine Pendelbeobachtungen gemacht und wo ich (73° 16′) ein sehr unfreundliches Vorgebirge besitze.

[126] (S. 188.) Die Niederlassungen auf der Westküste von Grönland, welche sich bis zur Mitte des 14. Jahrhunderts eines sehr blühenden Zustandes erfreuten, fanden allmählich ihren Untergang durch die verderbliche Einwirkung von Handelsmonopolen, durch die Einfälle der Eskimo (Skrälinger), durch den schwarzen Tod, welcher nach Hecker besonders während der Jahre 1347—1351 den Norden entvölkerte, auch durch den Anfall einer feindlichen Flotte, deren Ausgangspunkt unbekannt geblieben ist. Heutigestages glaubt man nicht mehr an die meteorologische Mythe von einer plötzlichen Veränderung des Klimas; von der Bildung eines Eisdammes, welcher die gänzliche Trennung der in Grönland angesiedelten Kolonieen von ihrem Mutterlande auf einmal soll zur Folge gehabt haben. Da diese Kolonieen sich nur in der gemäßigten Gegend der Westküste von Grönland befunden haben, so kann ein Bischof von Skalholt nicht im Jahre 1540 auf der Ostküste jenseits der Eismauer „Schäfer gesehen haben, welche ihre Herden weideten". Die Anhäufung der Eismassen an der, Island gegenüberliegenden, östlichen Küste hängt von der Gestaltung des Landes, der Nachbarschaft einer der Richtung der Küste parallelen, mit Gletschern versehenen Bergkette und der Richtung des Meeresstromes ab. Dieser Zustand der Dinge schreibt sich nicht von dem Schlusse des

14. Jahrhunderts oder dem Anfang des 15. her. Er ist, wie Sir John Barrow sehr richtig entwickelt hat, vielen zufälligen Veränderungen, besonders in den Jahren 1815—1817, ausgesetzt gewesen. — Papst Nikolaus V. hat noch 1448 einen grönländischen Bischof ernannt.

[127] (S. 188.) Hauptquellen sind die geschichtlichen Erzählungen von Erik dem Roten, Thorfinn Karlsefne und Snorre Thorbrandsson, wahrscheinlich in Grönland selbst und schon im 12. Jahrhundert niedergeschrieben, zum Teil von Abkömmlingen in Winland geborener Ansiedler. Die Sorgfalt, mit welcher die Geschlechtstafeln gehalten sind, war so groß, daß man die des Thorfinn Karlsefne, dessen Sohn Snorre Thorbrandsson in Amerika geboren war, von 1007 bis zu 1811 herabgeführt hat.

[128] (S. 190.) Was schon seit Raleghs Zeiten über rein keltisch sprechende Eingeborene von Virginien gefabelt worden ist, wie man dort den gälischen Gruß hao. hui, iach zu hören geglaubt, wie Owen Chapelain 1669 sich aus den Händen der Tuskaroren, welche ihn skalpieren wollten, rettete, „weil er sie in seiner gälischen Muttersprache anredete", habe ich in einer Beilage zu dem neunten Buche meiner Reise zusammengetragen. Diese Tuskaroren in Nordcarolina sind aber, wie man jetzt bestimmt nach Sprachuntersuchungen weiß, ein Irokesenstamm. Eine beträchtliche Sammlung von Tuskaroravokabeln gibt Catlin, einer der vortrefflichsten Sittenbeobachter, welche je unter den amerikanischen Eingeborenen gelebt. Er ist aber doch geneigt, die weißliche oft blauäugige Nation der Tuskaroren für ein Mischvolk von alten Welschen und amerikanischen Ureinwohnern zu halten. Eine andere Sammlung von Tuskaravokabeln findet sich in den handschriftlichen Spracharbeiten meines Bruders auf der königl. Bibliothek zu Berlin. „Comme la structure des idiomes américains paraît singulièrement bizarre aux différens peuples qui parlent les langues modernes de l'Europe occidentale et se laissent facilement tromper par de fortuites analogies de quelques sons, les théologiens ont cru généralement y voir de l'*hébreu*, les colons espagnols du *basque*, les colons anglais ou français du *gallois*, de l'*irlandais* ou du *bas-breton*. — — — J'ai rencontré un jour, sur les côtes du Pérou, un officier de la marine espagnole et un baleinier anglais, dont l'un prétendait avoir entendu parler basque à Tahiti, et l'autre gaël-irlandais aux îles Sandwich." Wenn aber auch bisher kein Zusammenhang der Sprachen erwiesen worden ist, so will ich doch auf keine Weise in Abrede stellen, daß die Basken und die Völker keltischen Ursprungs von Irland und Wales, welche früh an den entlegensten Küsten mit Fischfang beschäftigt waren, im nördlichen Teile des Atlantischen Meeres beständige Nebenbuhler der Skandinavier gewesen, ja daß auf den Färöerinseln und Island die Irländer den Skandinaviern zuvorgekommen sind. Es ist sehr zu wünschen, daß in unseren Tagen, wo eine gesunde Kritik zwar strenge

geübt wird, aber keinen verschmähenden Charakter annimmt, die alten Untersuchungen von Powel und Richard Hakluyt in England und Irland selbst wieder aufgenommen werden mögen. Ist es gegründet, daß Madocs Irrfahrt 15 Jahre vor Entdeckung durch Kolumbus in dem Gedichte des welschen Sängers Meredith verherrlicht wurde? Ich teile nicht den wegwerfenden Sinn, mit welchem nur zu oft Volksüberlieferungen verdunkelt werden, ich lebe vielmehr der festen Ueberzeugung, daß mit mehr Emsigkeit und mehr Ausdauer viele der geschichtlichen Probleme, welche sich auf die Seefahrten im frühesten Mittelalter, auf die auffallende Uebereinstimmung in religiösen Ueberlieferungen, Zeiteinteilung und Werken der Kunst in Amerika und dem östlichen Asien, auf die Wanderungen der mexikanischen Völker, auf jene alten Mittelpunkte aufdämmernder Civilisation in Aztlan, Cuivira und der oberen Louisiana, sowie in den Hochebenen von Cundinamarca und Peru beziehen, eines Tages durch Entdeckungen von Thatsachen werden aufgehellt werden, die uns bisher gänzlich unbekannt geblieben sind.

[129] (S. 191.) Während dieser Umstand des mangelnden Eises im Februar 1477 als ein Beweis angeführt wurde, daß die Insel Thyle des Kolumbus nicht Island sein könne, hat Finn Magnusen aus alten Urkunden aufgefunden, daß bis zum März 1477 das nördliche Island keinen Schnee hatte und daß im Februar desselben Jahres die südliche Küste frei von Eis war. Sehr merkwürdig ist, daß Kolumbus in demselben Tratado de las cinco zonas habitables einer südlicheren Insel Frislanda erwähnt, ein Name, welcher in den meist für fabelhaft gehaltenen Reisen der Gebrüder Zeni (1388—1404) eine große Rolle spielt, aber auf den Karten von Andrea Bianco (1436) wie auf der des Fra Mauro (1457 bis 1470) fehlt. Kolumbus kann die Reisen der Fratelli Zeni nicht gekannt haben, da sie der venezianischen Familie selbst bis zum Jahre 1558 unbekannt blieben, in welchem Marcolini, 52 Jahre nach dem Tode des großen Admirals, sie zuerst herausgab. Woher kommt des Admirals Bekanntschaft mit dem Namen Frislanda?

[130] (S. 192.) S. die Beweise, die ich aus sicheren Dokumenten gesammelt habe, für Kolumbus im Examen crit. T. IV, p. 233, 250 und 261; für Vespucci T. V, p. 182—185. Kolumbus war dergestalt mit der Idee erfüllt, daß Cuba ein Teil des Kontinents von Asien, ja das südliche Khatai (die Provinz Mango) sei, daß er am 12. Juni 1494 die ganze Mannschaft seines Geschwaders (etwa 80 Matrosen) schwören ließ: „sie seien davon überzeugt, man könne von Cuba nach Spanien zu Lande gehen (que esta tierra de Cuba fuese la tierra firme al comienzo de las Indias y fin á quien en estas partes quisiere venir de España por tierra)“: wer von denen, „welche es jetzt beschwören, einst das Gegenteil zu behaupten wagte, würde den Meineid mit 100 Hieben und dem Ausreißen der Zunge zu büßen haben“. Als Kolumbus auf der ersten Expedition

sich der Insel Cuba nähert, glaubt er sich gegenüber den chinesischen Handelsplätzen Zaitun und Quinsay (Y es cierto dice el Almirante questa es la tierra firme, y que estoy, dice él, ante *Zayto y Guinsay*). „Er will die Briefe der katholischen Monarchen an den großen Mongolenchan (Gran Can) in Khatai abgeben, und wenn er so den ihm gegebenen Auftrag erfüllt, sogleich nach Spanien (aber zur See) zurückkehren. Später sendet er einen getauften Juden, Luis de Torres, ans Land, weil dieser Hebräisch, Chaldäisch und etwas Arabisch versteht", was in den asiatischen Handelsstädten gebräuchliche Sprachen sind. Noch 1533 behauptet der Astronom Schoner, daß die ganze sogenannte Neue Welt ein Teil von Asien (superioris Indiae) ist und daß die von Cortes eroberte Stadt Mexiko (Temistitan) nichts anderes sei als die chinesische, von Marco Polo so übermäßig gerühmte Handelsstadt Quinsay.

[131] (S. 196.) Das größere Verdienst in Bearbeitung der Tiergeschichte gehört dem Kaiser Friedrich II. Man verdankt ihm wichtige eigene Beobachtungen über die innere Struktur der Vögel. Auch Cuvier nennt den Hohenstaufen den „ersten selbstarbeitenden Zoologen des scholastischen Mittelalters". — Ueber Alberts des Großen richtige Ansicht von der Verteilung der Wärme auf dem Erdkörper unter verschiedenen Breiten und nach Verschiedenheit der Jahreszeiten s. dessen Liber cosmographicus de natura locorum. Argent. 1515. fol. 14b und 23a. Bei eigenen Beobachtungen zeigt sich aber doch leider in Albertus Magnus oft die Untritik seines Zeitalters. Er glaubt zu wissen, daß „sich Roggen auf gutem Boden in Weizen verwandelt, daß aus einem abgeholzten Buchenwalde durch Fäulnis ein Birkenwald entsteht, daß aus Eichenzweigen, die man in die Erde steckt, Weinreben entstehen".

[132] (S. 197.) So viele Stellen des Opus majus sprechen für die Achtung, welche Roger Bacon dem griechischen Altertum zollte, daß man, wie schon Jourdain bemerkt hat, den in einem Briefe an den Papst Clemens IV. geäußerten Wunsch: „die Bücher des Aristoteles zu verbrennen, um die Verbreitung der Irrtümer unter den Schülern zu verhindern", nur auf die schlechten lateinischen Uebersetzungen aus dem Arabischen deuten kann.

[133] (S. 197.) „Scientia experimentalis a vulgo studentium penitus ignorata; duo tamen sunt modi cognoscendi, scilicet per argumentum et experientiam (der ideelle Weg und der des Experiments). Sine experientia nihil sufficienter sciri potest. Argumentum concludit, sed non certificat, neque removet dubitationem, ut quiescat animus in intuitu veritatis, nisi eam inveniat via experientiae." (Opus majus Pars VI. cap. 1.) Ich habe alle Stellen, welche sich auf die physischen Kenntnisse und Erfindungsvorschläge des Roger Bacon beziehen, zusammengetragen im Examen crit. de l'hist. de la Géogr. T. II, p. 295—299.

[134] (S. 197.) Ich finde die Optik des Ptolemäus citiert im

Opus majus (ed. Jebb, Lond. 1733) p. 79. 288 und 404. Daß die aus Alhazen geschöpfte Kenntnis von der vergrößernden Kraft von Kugelsegmenten den Bacon wirklich veranlaßt habe, Brillen (Augengläser) zu konstruieren, wird mit Recht geleugnet; die Erfindung soll schon 1299 bekannt gewesen sein oder dem Florentiner Salvino degli Armati gehören, welcher 1317 in der Kirche Santa Maria Maggiore zu Florenz begraben wurde. Wenn Roger Bacon, der das Opus majus 1267 vollendete, von Instrumenten spricht, durch welche kleine Buchstaben groß erscheinen, utiles senibus habentibus oculos debiles, so beweisen seine Worte und die thatsächlich irrigen Betrachtungen, die er hinzufügt, daß er nicht selbst ausgeführt haben kann, was ihm als etwas Mögliches dunkel vor der Seele schwebte.

[135] (S. 198.) Il existe aussi de Pierre d'Ailly, que Don Fernando Colon nomme toujours Pedro de Helico, cinq mémoires *de Concordantia astronomiae cum theologia*. Ils rappellent quelques essais très-modernes de *Géologie hébraïsante* publiés 400 ans après le Cardinal."

[136] (S. 200. Die Florentiner Ausgabe des Homer von 1488; aber das erste gedruckte griechische Buch war die Grammatik des Konstantin Lascaris von 1476.

[137] (S. 200.) Das Resultat der Untersuchungen des Bibliothekars Ludwig Wachler zu Breslau. Der Druck ohne bewegliche Lettern geht auch in China nicht über den Anfang des 10. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung hinauf. Die vier ersten Bücher des Konfucius wurden nach Klaproth in der Provinz Szütschuen zwischen 890 und 925 gedruckt, und die Beschreibung der technischen Manipulation der chinesischen Druckerei hätten die Abendländer schon 1310 in Raschid-eddins persischer Geschichte der Herrscher von Khatai lesen können. Nach dem neuesten Resultate der wichtigen Forschungen von Stanislas Julien hatte aber in China selbst ein Eisenschmied zwischen den Jahren 1041 und 1048, also fast 400 Jahre vor Gutenberg, bewegliche Typen von gebranntem Thone angewandt. Das ist die Erfindung des Pi-sching, die aber ohne Anwendung blieb.

[138] (S. 200.) Die Ansprüche Kosters, dem in seiner Vaterstadt Harlem 1856 ein schönes Denkmal errichtet worden ist, auf die Entdeckung der Buchdruckerkunst mit beweglichen Lettern sind durch die moderne Kritik seiner eigenen Landsleute endgültig beseitigt worden. — [D. Herausg.]

[139] (S. 201.) Josafat Barbaro (1436) und Gislin von Busbeck (1555) fanden noch zwischen Tana (Asow), Caffa und dem Erdil (der Wolga) Alanen und deutsch redende gotische Stämme. Roger Bacon nennt Rubruquis immer nur frater Willielmus, quem dominus Rex Franciae misit ad Tartaros.

[140] (S. 201.) Das große und herrliche Werk des Marco Polo (Il Milione di Messer Marco Polo), wie wir es in

der korrekten Ausgabe des Grafen Baldelli besitzen, wird fälschlich eine Reise genannt; es ist großenteils ein beschreibendes, man möchte sagen statistisches Werk, in welchem schwer zu unterscheiden ist, was der Reisende selbst gesehen, was er von anderen erfahren oder aus topographischen Beschreibungen, an denen die chinesische Litteratur so reich ist und die ihm durch seinen persischen Dolmetscher zugänglich werden konnten, geschöpft habe. Die auffallende Aehnlichkeit des Reiseberichts von Hiuen thsang, dem buddhistischen Pilger des 7. Jahrhunderts, mit dem, was Marco Polo von dem Pamirhochlande 1277 erfahren, hatte früh meine ganze Aufmerksamkeit auf sich gelenkt. Der der asiatischen Sprachkunde leider so früh entzogene Jacquet, der sich, wie Klaproth und ich, lange mit dem venezianischen Reisenden beschäftigt hatte, schrieb mir kurz vor seinem Tode: „Je suis frappé comme Vous de la forme de rédaction littéraire du Milione. Le fond appartient sans doute à l'observation directe et personelle du voyageur, mais il a probablement employé des documents qui lui ont été communiqués soit officiellement, soit en particulier. Biens de choses paraissent avoir été empruntées à des livres chinois et mongols, bien que ces influences sur la composition du Milione soient difficiles à reconnaître dans les traductions successives sur lesquelles Polo aura fondé ses extraits." Ebensosehr als die neueren Reisenden sich nur zu gern mit ihrer Person beschäftigen, ist dagegen Marco Polo bemüht, seine eigenen Beobachtungen mit den ihm mitgeteilten offiziellen Angaben, deren er, als Gouverneur der Stadt Yangui, viele haben konnte, zu vermengen. Die kompilierende Methode des berühmten Reisenden macht auch begreiflich, daß er im Gefängnis in Genua 1295 wie im Angesicht vorliegender Dokumente seinem mitgefangenen Freunde Messer Rustigielo aus Pisa sein Buch diktieren konnte.

[111] (202.) Während des Lebens des Kolumbus erschien gedruckt die erste deutsche Nürnberger Uebersetzung von 1477 (das puch des edeln Ritters un landtfarers Marcho Polo), die erste lateinische Uebersetzung von 1490, die ersten italienischen und portugiesischen Uebersetzungen von 1496 und 1502.

[112] (S. 202.) Barros sagt ausdrücklich, daß „Bartholomeu Diaz, e os de sua companhia per causa dos perigos, e tormentas, que *em o dobrar* delle passáram, lhe puzeram nome Tormentoso." Das Verdienst der ersten Umschiffung gehört also nicht dem Vasco da Gama, wie man gewöhnlich angibt. Diaz war am Vorgebirge im Mai 1487, also fast zu derselben Zeit als Pedro de Covilham und Alonso de Payva von Barcelona aus ihre Expedition antraten. Schon im Dezember 1487 brachte Diaz selbst die Nachricht seiner wichtigen Entdeckung nach Portugal.

[143] (S. 203.) Das Planisphärium des Sanuto, der sich selbst „Marinus Sanuto dictus Torsellus de Venetiis“ nennt, gehört zu dem Werke Secreta fidelium Crucis. „Marinus prêcha adroitement une croisade dans l'intérêt du commerce, voulant détruire la prospérité de l'Égypte et diriger toutes les marchandises de l'Inde par Bagdad, Bassora et Tauris (Tebriz) à Kaffa, Tana (Azow), et aux côtes asiatiques de la Méditerranée. Contemporain et compatriote de Polo, dont il n'a pas connu le *Milione*, Sanuto s'élève à de grandes vues de politique commerciale. C'est le Raynal du moyen-âge, moins l'incrédibilité d'un abbé philosophe du 18me siècle.“ Das Vorgebirge der guten Hoffnung heißt Capo di Diab auf der Karte des Fra Mauro, welche zwischen 1457 und 1459 zusammengetragen wurde.

[144] (S. 203.) Avron oder avr (aur) ist ein selteneres Wort für Nord statt des gewöhnlichen schemâl: das arabische zohron oder zohr, von welchem Klaproth irrtümlich das spanische sur und portugiesische sul (das mit unserem Süd ohne Zweifel ein echt germanisches Wort ist) abzuleiten sucht, paßt nicht eigentlich zu der Benennung der Weltgegend, es bedeutet nur die Zeit des hohen Mittags; Süden heißt dschenûb. Ueber die frühere Kenntnis der Chinesen von der Südweisung der Magnetnadel. Navarete erinnert an eine merkwürdige Stelle in den spanischen Leyes de las Partidas aus der Mitte des 13. Jahrhunderts: „Die Nadel, welche den Schiffer in der finsteren Nacht leitet und ihm bei gutem wie bei bösem Wetter zeigt, wohin er sich richten soll, ist die Vermittlerin (medianera) zwischen dem Magnetsteine (la piedra) und dem Nordsterne . . .“

[145] (S. 204.) „Tenian los mareantes instrumento, carta, compas y aguja.“ Salazar, Discurso sobre los progresos de la Hydrografia en España 1809, p. 7.

[146] (S. 204.) Ueber Cusa (Nikolaus von Cuß, eigentlich von Cues an der Mosel), s. oben Kosmos Bd. II, S. 96) und Klemens, Abhandlung über Giordano Bruno und Nikolaus de Cusa S. 97, wo ein wichtiges, erst vor drei Jahren aufgefundenes Bruchstück von Cusas eigener Hand, eine dreifache Bewegung der Erde betreffend, mitgeteilt wird.

[147] (S. 205.) Dem Lehrer des Regiomontanus, Georg von Peuerbach, wird eine wichtige Verbesserung der Beobachtung durch den Gebrauch des Bleilots zugeschrieben. Letzteres wurde aber längst von den Arabern angewandt, wie die im 13. Jahrhundert abgefaßte Beschreibung der astronomischen Instrumente von Abul-Hassan Ali lehrt.

[148] (S. 205.) Es ist in allen Schriften über die Schiffahrtskunde, die ich untersucht, die irrige Meinung verbreitet, als sei das Log zur Messung des zurückgelegten Weges nicht früher angewandt worden, als seit dem Ende des 16. oder im Anfang

des 17. Jahrhunderts. In der Encyclopaedia britannica heißt es noch: „The author of the device for measuring the ship's way is not known and *no mention of it occurs* till the year 1607 in an East India voyage published by Purchas." Dieses Jahr ist auch in allen früheren und späteren Wörterbüchern als äußerste Grenze angeführt worden. Nur Navarrete setzt den Gebrauch der Loglinie auf englischen Schiffen in das Jahr 1577; später, an einem anderen Orte behauptet er: „zu Magelhaens' Zeiten sei die Schnelligkeit des Schiffes nur à ojo (nach dem Augenmaße) geschätzt worden, bis erst im 16. Jahrhunderte die corredera (das Log) erfunden wurde". Die Messung der „gesegelten Distanz" durch Auswerfen der Loglinie ist, wenn auch das Mittel an sich unvollkommen genannt werden muß, doch von so großer Wichtigkeit für die Kenntnis und Schnelligkeit der Richtung ozeanischer Stromungen geworden, daß ich sie zu einem Gegenstande sorgfältiger Untersuchungen habe machen müssen. Ich teile hier die Hauptresultate mit, die in dem noch nicht erschienenen sechsten Bande meines Examen critique de l'histoire de la Géogr. et des progès de l'Astronomie nautique enthalten sind. Die Römer hatten zur Zeit der Republik auf ihren Schiffen Wegmesser, die in 4 Fuß (1,3 m) hohen, mit Schaufeln versehenen Rädern an dem äußeren Schiffsborde bestanden, ganz wie bei unseren Dampfschiffen und wie bei der Vorrichtung zur Bewegung von Fahrzeugen, welche Blasco de Garay 1543 zu Barcelona dem Kaiser Karl V. angeboten hatte. Der altrömische Wegmesser („ratio a majoribus tradita, qua in via rheda sedentes vel mari navigantes scire possumus quot millia numero itineris fecerimus") ist umständlich von Vitruvius, dessen Augusteisches Zeitalter freilich neuerlichst von C. Schultz und Dann sehr erschüttert worden ist, beschrieben. Durch drei ineinander greifende gezahnte Räder und das Herabfallen kleiner runder Steinchen aus einem Radgehäuse (loculamentum), das nur ein einziges Loch hat, ward die Zahl der Umgänge der äußeren Räder, welche in das Meer tauchten, und die Zahl der zurückgelegten Meilen in einer Tagereise angegeben. Ob diese Hodometer im Mittelländischen Meere viel gebraucht worden sind, „da sie Nutzen und auch Vergnügen" gewähren konnten, sagt Vitruvius nicht. In der Lebensbeschreibung des Kaisers Pertinax von Julius Capitolinus wird des verkauften Nachlasses des Kaisers Commodus erwähnt, in welchem sich ein Reisewagen, mit einer ähnlichen Hodometereinrichtung versehen, befand. Die Räder gaben zugleich „das Maß des zurückgelegten Weges und die Dauer der Reise" in Stunden an. Einen viel vollkommeneren, ebenfalls zu Wasser und zu Lande gebrauchten Wegweiser hat Hero von Alexandrien, der Schüler des Ktesibius, in seiner, griechisch noch unedierten, Schrift über die Diopteren beschrieben. In der Litteratur des ganzen Mittelaltes findet sich wohl nichts über den Gegenstand, den wir hier behandeln, bis man zu

der Epoche der vielen, kurz nacheinander verfaßten oder im Druck erschienenen Lehrbücher der Nautik von Antonio Pigafetta (Trattato di Navigazione. wahrscheinlich vor 1530), Francisco Falero (1535, Bruder des Astronomen Ruy Falero, der den Magelhaens auf seiner Reise um die Welt begleiten sollte und ein Regimiento para observar la longitud en la mar hinterließ), Pedro de Medina aus Sevilla (Arte de navegar 1545), Martin Cortes aus Bujalaroz (Breve compendio de la esfera y de la arte de navegar 1551) und Andres Garcia de Cespedes (Regimiento de Navegacion y Hidrografia 1606) gelangt. Aus fast allen diesen, zum Teil jetzt sehr seltenen Werken, wie aus der Suma de Geografia, welche Martin Fernandez de Enciso 1519 herausgab, erkennt man deutlichst, daß die „gesegelte Distanz" auf spanischen und portugiesischen Schiffen nicht durch irgend unmittelbare Messung, sondern nur durch Schätzung nach dem Augenmaße und nach gewissen numerisch festgesetzten Grundsätzen zu bestimmen gelehrt wird. Medina sagt: „Um den Kurs des Schiffes in der Länge des durchlaufenen Raumes zu kennen, muß der Pilot nach Stunden (d. h. durch die Sanduhr, ampolleta, geleitet) in seinem Register aufzeichnen, wieviel das Schiff zurückgelegt; er muß deshalb wissen, daß das meiste, was er in einer Stunde fortschreitet, vier Meilen sind; bei schwächerem Winde drei, auch nur zwei . . ." Cespedes nennt dies Verfahren wie Medina echar punto por fantasia. Diese fantasia hängt allerdings, wenn man großen Irrtum vermeiden will, wie Enciso richtig bemerkt, von der Kenntnis ab, welche der Pilot von der Qualität seines Schiffes hat; aber im ganzen wird jeder, der lange auf dem Meere war, doch meist mit Verwunderung bemerkt haben, wie übereinstimmend die bloße Schätzung der Geschwindigkeit des Schiffes, bei nicht sehr hohem Wellenschlage, mit dem später erhaltenen Resultate des ausgeworfenen Logs ist. Einige spanische Piloten nennen die alte, freilich gewagte Methode bloßer Schätzung (cuenta de estima). gewiß sehr ungerecht sarkastisch: la corredera de los Holandeses. corredera de los perezosos. In dem Schiffsjournale des Christoph Kolumbus wird oft des Streites gedacht mit Alonso Pinzon über die Länge des zurückgelegten Weges seit der Abfahrt von Palos. Die gebrauchten Sanduhren, ampolletas. liefen in einer halben Stunde ab, so daß der Zeitraum von Tag und Nacht zu 48 ampolletas gerechnet wurde. Es heißt in jenem wichtigen Schiffsjournale des Kolumbus (z. B. den 22. Januar 1493): „Andaba 8 millas por hora hasta pasadas 5 ampolletas, y 3 antes que comenzase la guardia. que eran 8 ampolletas." Das Log, la corredera. wird nie genannt. Soll man annehmen, Kolumbus habe es gekannt, benutzt und als ein schon sehr gewöhnliches Mittel nicht zu nennen nötig erachtet, wie Marco Polo nicht des Thees und der chinesischen Mauer erwähnt hat? Eine solche Annahme scheint mir schon des-

halb sehr unwahrscheinlich, weil in den Vorschlägen, welche der Pilot Don Jayme Ferrer 1495 einreicht, um die Lage der päpstlichen Demarkationslinie genau zu ergründen, es auf die Bestimmung der „gesegelten Distanz" ankommt, und doch nur das übereinstimmende Urteil (juicio) von 20 sehr erfahrenen Seeleuten angerufen wird (que apunten en su carta de 6 en 6 horas el camino que la nao fara segun en juicio). Hätte das Log angewandt werden sollen, so würde Ferrer gewiß vorgeschrieben haben, wie oft es ausgeworfen werden sollte. Die erste Anwendung des Loggens finde ich in einer Stelle von Pigafettas Reisejournal der Magelhaensschen Weltumsegelung, das lange in der Ambrosianischen Bibliothek in Mailand unter den Handschriften vergraben lag. Es heißt darin im Januar 1521, als Magelhaens schon in die Südsee gelangt war: „Secondo la misura che facevamo del viaggio colla catena a poppa, noi percorrevamo da 60 in 70 leghe al giorno." Was kann diese Vorrichtung der Kette am Hinterteil des Schiffes (catena a poppa), „deren wir uns auf der ganzen Reise bedienten, um den Weg zu messen", anders gewesen sein als eine unserem Log ähnliche Einrichtung? Der aufgewickelten, in Knoten geteilten Loglinie, des Logbrettes oder Logschiffes und des Halbminuten- oder Logglases geschieht keine besondere Erwähnung; aber dieses Stillschweigen kann nicht verwundern, wenn von einer längst bekannten Sache geredet wird. Auch in dem Teile des Trattato di Navigazione des Cavaliere Pigafetta, den Amoretti im Auszuge geliefert hat (freilich nur von 10 Seiten), wird die catena della poppa nicht wieder genannt.

[149] (S. 207.) Vergl. Opus Epistolarum Petri Martyris Anglerii Mediolanensis 1670. ep. CXXX und CLII. „Prae laetitia prosiliisse te, vixque à lachrymis prae gaudio temperasse, quando literas adspexisti meas, quibus de Antipodum Orbe, latenti hactenus, te certiorem feci, mi suavissime Pomponi, insinuasti. Ex tuis ipse literis colligo, quid senseris. Sensisti autem, tantique rem fecisti, quanti virum summa doctrina insignitum decuit; quis namque cibus sublimibus praestari potest ingeniis isto suavior? quod condimentum gratius? a me facio conjecturam. Beari sentio spiritus meos, quando accitos alloquor prudentes aliquos ex his qui ab ea redeunt provincia (Hispaniola Insula)." Der Ausdruck Christophorus quidam Colonus erinnert, ich sage nicht an das zu oft und mit Unrecht citierte nescio quis Plutarchus des Aulus Gellius, aber wohl an das quodam Cornelio scribente in dem Antwortschreiben des Königs Theodorich an den Fürsten der Aestyer, welcher aus der Germania, cap. 45 des Tacitus über den wahren Ursprung des Bernsteins belehrt werden sollte.

[150] (S. 207.) Auch der begeisterte Wundermann Hieronymus Cardanus, Phantastiker und doch scharfsinniger Mathematiker

zugleich, macht in seinen physischen Problemen darauf aufmerksam, was die Erdkunde den Thatsachen verdanke, zu deren Beobachtung ein einziger Mann geleitet habe! Cardani Opera ed. Lugdun. 1663, T. II, Probl. p. 630 und 659: „At nunc quibus te laudibus efferam, Christophore Colombi, non familiae tantum, non Genuensis urbis, non Italiae Provinciae, non Europae parti orbis solum sed humani generis decus." Wenn ich die Probleme des Cardanus mit denen aus der späten Schule des Stagiriten verglichen habe, so ist bei der Verworrenheit und Schwäche der physischen Erklärungen, welche in beiden Sammlungen fast gleichmäßig herrscht, mir doch augenscheinlich und für die Epoche einer so plötzlich erweiterten Erdkunde charakteristisch geworden, daß bei Cardanus der größere Teil der Probleme sich auf die vergleichende Meteorologie bezieht. Ich erinnere an die Betrachtungen über das warme Inselklima von England im Kontrast mit dem Winter in Mailand; über die Abhängigkeit des Hagels von elektrischen Explosionen; über die Ursache und Richtung der Meeresströmungen; über das Maximum der atmosphärischen Wärme und Kälte, das erst nach jedem der beiden Solstitien eintritt; über die Höhe der Schneeregion unter den Tropen; über die Temperatur, welche durch die Wärmestrahlung der Sonne und aller Sterne zugleich bedingt wird; über die größere Lichtstärke des südlichen Himmels u. s. w. „Kälte ist nicht bloß Abwesenheit der Wärme. Licht und Wärme sind nur dem Namen nach verschieden und in sich unzertrennlich."

[151] (S. 208.) Nach der handschriftlichen Historia general de las Indias lib. I, cap. 12 war „la carta de marear, que Maestro Paulo Fisico (Toscanelli) envió á Colon", in den Händen von Bartholomé de las Casas, als er sein Werk schrieb. Das Schiffsjournal des Kolumbus, von dem wir einen Auszug besitzen, stimmt nicht ganz mit der Erzählung überein, welche ich in der Handschrift des Las Casas finde, deren gütige Mitteilung ich Herrn Ternaux-Compans verdanke. Das Schiffsjournal sagt: Iba hablando el Almirante (martes 25 de Setiembre 1492) con Martin Alonso Pinzon, capitan de la otra carabela Pinta, sobre una carta que le habia enviado tres dias hacia á la carabala, dunde segun parece *tenia pintadas el Almirante* ciertas islas por aquella mar . . ." Dagegen steht in der Handschrift des Las Casas: „La carta de marear que embió (Toscanelli al Almirante) yo que esta historia escrivo la tengo en mi poder. Creo que todo su viage sobre esta carta fondó;" lib. I, cap. 38: „asi fué que el martes 25 de Setiembre llegase Martin Alonso Pinzon con su caravela Pinta á hablar con Christobal Colon sobre una carta de marear que Christobal Colon le avia embiado . . . *Esta carta es la que le embió Paulo Fisico el Florentin, la qual yo tengo en mi poder* con otras cosas del Almirante y escrituras de su misma mano que

traxéron á mi poder. En ella le pintó muchas islas . . .“ Soll man annehmen, der Admiral habe in die Karte des Toscanelli die zu erwartenden Inseln hineingezeichnet? oder soll tenia pintadas bloß sagen: „der Admiral hatte eine Karte, auf der gemalt waren . . .“?

[152] (S. 209.) Ueber den bestrittenen ersten Landungspunkt in Westindien s. T. III. p. 186 bis 222. Die so berühmt gewordene, im Jahre 1832 während der Choleraepidemie von Waldenaer und mir erkannte Weltkarte des Juan de la Cosa, welche sechs Jahre vor dem Tode des Kolumbus entworfen ist, hat ein neues Licht über diese Streitfrage verbreitet.

[153] (S. 210.) Es heißt in einer wenig beachteten Stelle des Tagebuchs von Kolumbus vom 1. November 1492: „ich habe (in Cuba) gegenüber und nahe Zayto y Guinsay del Gran Can.“ Die Krümmung gegen Süden, welche Kolumbus auf der zweiten Reise in dem westlichsten Teile des Landes Cuba bemerkte, hat einen wichtigen Einfluß auf die Entdeckung von Südamerika, auf die des Orinoko-Delta und des Vorgebirges Paria ausgeübt, wie ich an einem anderen Orte gezeigt; „Putat (Colonus),“ schreibt Anghiera, „regiones has (Pariae) esse Cubae contiguas et adhaerentes: ita quod utraeque sint Indiae Gangetidis continens ipsum . . .“

[154] (S. 210.) Die wichtige Handschrift des Andres Bernaldez, Cura de la Villa de los Palicios (Historia de los Reyes Catholicos cap. 123). Diese Geschichte begreift die Jahre 1488 bis 1513. Bernaldez hatte 1496 den Kolumbus, als er von der zweiten Reise zurückkam, in sein Haus aufgenommen. Ich habe durch die besondere Güte des Herrn Ternaux-Compans, dem die Geschichte der Conquista viele wichtige Aufklärungen verdankt, zu Paris im Dezember des Jahres 1838 diese Handschrift, welche im Besitz meines berühmten Freundes, des Historiographen Don Juan Baptista Muñoz, gewesen ist, frei benutzen können.

[155] (S. 211.) Das Kap Horn wurde auf der Expedition des Comendador Garcia de Loaysa, welche, der des Magelhaens folgend, nach den Molukken bestimmt war, im Februar 1526 von Francisco de Hoces entdeckt. Indes Loaysa durch die Magelhaensche Straße segelte, hatte sich Hoces mit seiner Caravele San Lesmes von der Flotille getrennt und war bis 55° südlicher Breite verschlagen worden. „Dijéron los del buque que les parecia que era alli acabamiento de tierra“. Fleurieu behauptet, Hoces habe nur das Cabo del buen Successo westlich von der Staateninsel gesehen. Gegen das Ende des 16. Jahrhunderts war bereits wieder eine so sonderbare Ungewißheit über die Gestaltung des Landes verbreitet, daß der Sänger der Araucana glauben konnte, die Magelhaensche Meerenge habe sich durch ein Erdbeben und durch Hebung des Seebodens geschlossen, wogegen Acosta

das Feuerland für den Anfang seines großen südlichen Polarlandes hielt.

[156] (S. 211.) Ob die Isthmenhypothese, nach welcher das ostafrikanische Vorgebirge Prasum sich an die ostasiatische Landzunge von Thinä anschließt, auf Marinus Tyrius, oder auf Hipparch, oder auf den Babylonier Seleucus, oder nicht vielmehr auf den Aristoteles, De Coelo (II. 14), zurückgeführt werden soll, habe ich umständlich an einer anderen Stelle erörtert.

[157] (S. 212.) Paolo Toscanelli war als Astronom so ausgezeichnet, daß Behaims Lehrer Regiomontanus ihm 1493 sein gegen den Kardinal Nikolaus de Cusa gerichtetes Werk De Quadratura Circuli zueignete. Er konstruierte den großen Gnomon in der Kirche Santa Maria Novella zu Florenz und starb 1482 in einem Alter von 85 Jahren, ohne die Freude gehabt zu haben, die Entdeckung des Vorgebirges der guten Hoffnung durch Diaz und die des tropischen Teiles des neuen Kontinents durch Kolumbus zu erleben.

[158] (S. 213.) Da der alte Kontinent von dem westlichen Ende der Iberischen Halbinsel bis zur Küste von China fast 130° Meridianunterschied zählt, so bleiben ungefähr 230° für den Raum übrig, den Kolumbus würde zu durchschiffen gehabt haben, wenn er wollte bis Cathai (China), weniger, wenn er nur wollte bis Zipangi (Japan) gelangen. Der hier von mir bezeichnete Meridianunterschied von 230° gründet sich auf die Lage des portugiesischen Vorgebirges St. Vincent (long. 11° 20′ westlich von Paris) und des weit vortretenden chinesischen Ufers bei dem ehemals so berühmten, von Kolumbus und Toscanelli oft genannten Hafen Quinsay (Breite 30° 28′, Länge 117° 47′ östlich von Paris). Synonyme für Quinsay in der Provinz Tschekiang sind Kanfu, Hangtscheufu, Kingszu. Der asiatische östliche Welthandel war im 13. Jahrhundert geteilt zwischen Quinsay und Zaitun (Pinghai oder Tseuthung), welches der Insel Formosa (damals Tungfan) gegenüber unter 25° 5′ nördlicher Breite lag. Der Abstand des Vorgebirges St. Vincent von Zipangi (Nippon) ist 22 Längengrade geringer wie von Quinsay, also statt 230° 53′ ungefähr nur 209°. Auffallend ist es, daß die ältesten Angaben, die des Eratosthenes und Strabo, dem oben gegebenen Resultate von 129° für den Meridianunterschied der οἰκουμένη durch zufällige Kompensationen bis auf 10° nahe kommen. Strabo sagt gerade an der Stelle, wo er der möglichen Existenz von zwei großen bewohnbaren Festländern in der nördlichen Erdhälfte gedenkt, daß unsere οἰκουμένη im Parallel von Thinä mehr als $\frac{1}{3}$ des ganzen Erdumkreises ausmacht. Marinus Tyrius, durch die Dauer der Schiffahrt von Myos Hormos nach Indien, durch die irrig angenommene Richtung der größeren Achse des Kaspischen Meeres von Westen nach Osten und die Ueberschätzung der Länge des Landweges zu den Serern verleitet, gab dem alten Kontinent statt 120° volle 225°. Die

chinesische Küste wurde dadurch bis zu den Sandwichinseln vorgerückt. Kolumbus zieht dies Resultat natürlich dem des Ptolemäus vor, nach welchem Cuinsay nur in den östlichen Teil des Archipels der Karolinen fallen würde. Ptolemäus setzt nämlich im Almagest die Küste der Sinae auf 180°, in der Geographie auf 177½°. Da Kolumbus die Schiffahrt von Iberien zu den Sinen auf 120°, Toscanelli gar nur auf 52° anschlägt, so konnte beiden, wenn sie die Länge des Mittelmeeres zu ungefähr 40° schätzten, das so gewagt scheinende Unternehmen allerdings ein brevissimo camino heißen. Auch Martin Behaim setzt auf seinem Weltapfel, dem berühmten Globus, welchen er 1492 vollendete und welcher noch im Behaimschen Hause zu Nürnberg aufbewahrt wird, die Küste von China (den Thron des Königs von Mango, Cambalu und Cathay) nur 100° westlich von den Azoren: d. i., da Behaim vier Jahre in Fayal lebte und wahrscheinlich von diesem Punkte den Abstand rechnet, wieder nur 119° 40', westlich vom Vorgebirge St. Vincent. Kolumbus wird wahrscheinlich Behaim in Lissabon gekannt haben, wo beide von 1480 bis 1484 sich aufhielten. Die vielen ganz unrichtigen Zahlen, welche man in allen Schriften über die Entdeckung von Amerika und die damals vermutete Ausdehnung des östlichen Asiens findet, haben mich veranlaßt, die Meinungen des Mittelalters genauer mit denen des klassischen Altertums zu vergleichen.

[159] (S. 213.) Von weißen Menschen ist in einem Kanoe zuerst beschifft der östlichste Teil des Stillen Meeres, als Alonso Martin de Don Benito, der den Meerhorizont mit Vasco Nuñez de Balboa am 25. September 1513 auf der kleinen Bergkette von Cuarequa gesehen, einige Tage darauf am Isthmus zu dem Golfo de San Miguel herabstieg, ehe Balboa die abenteuerliche Zeremonie der Besitznahme ausführte. Schon sieben Monate früher, im Januar 1513, meldete Balboa seinem Hofe, daß das südliche Meer, von welchem er die Eingeborenen reden hörte, sehr leicht zu befschiffen wäre: „mar *muy mansa* y que nunca anda brava como la mar de nuestra banda" (de las Antillas). Der Name Oceano Pacifico wurde indes, wie Pigafetta erzählt, der Mar del Sur (des Balboa) erst von Magelhaens gegeben. Schon ehe Magelhaens' Expedition zustande kam (10. August 1519), hatte die spanische Regierung, der es nicht an sorgsamer Thätigkeit fehlte, im November 1514, gleichzeitig dem Pedrarias Davila, Gouverneur der Provinz Castilla del Oro (der nordwestlichsten von Südamerika), und dem großen Seemann Juan Diaz de Solis geheime Befehle erteilt; dem ersteren, 4 Caravelen im Golfo de San Miguel bauen zu lassen, „um Entdeckungen in der neuentdeckten Südsee zu machen"; dem zweiten, von der östlichen Küste Amerikas aus eine Oeffnung, abertura de la tierra, zu finden, um in den Rücken (á espaldas) des neuen Landes, d. i. in den meerumflossenen westlichen Teil der Castilla del Oro, zu gelangen. Die Expedition

des Solis (Oktober 1515 bis August 1516) führte weit gegen Süden und zur Entdeckung des Rio de la Plata, welcher lange Rio de Solis genannt wurde.

[159] (S. 213.) S. über die geographische Lage der zwei unglücklichen Inseln (San Pablo lat. 16¼" Süd, long. 135¾" westlich von Paris; Isla de Tiburones lat. 10¾" Süd, long. 145") das Examen crit. T. I. p. 286 und Navarrete T. IV. p. LIX. 52. 218 und 267. — Zu so ruhmvollen Wappenausschmückungen als wir im Texte für die Nachkommen des Sebastian de Elcano erwähnt haben (der Weltkugel mit der Inschrift: Primus circumdedisti me), gab die große Zeit der Entdeckungen im Raume mehrfache Veranlassung. Das Wappen, welches dem Kolumbus, „um seine Person bei der Nachwelt zu verherrlichen, para sublimarlo", schon den 20. Mai 1493 gegeben wird, enthält die erste Karte von Amerika: eine Inselreihe, die einem Golf vorliegt. Kaiser Karl V. gab dem Diego de Ordaz, der sich rühmte, den Vulkan von Orizaba erstiegen zu haben, das Bild dieses Kegelberges; dem Geschichtschreiber Oviedo, welcher 34 Jahre (von 1513 bis 1547) ununterbrochen im tropischen Amerika lebte, die vier schönen Sterne des südlichen Kreuzes zu Wappenschildern.

[161] (S. 215.) Gaetano entdeckte eine der Sandwichinseln 1542. Ueber die Schiffahrt des Don Jorge de Menezes (1526) und des Alvaro de Saavedra (1528) nach den Ilhas de Papuas. Barros, Da Asia Dec. IV. liv. I. cap. 16 und Navarrete T. V. p. 125. Die im Britischen Museum aufbewahrte und von dem gelehrten Dalrymple untersuchte Hydrographie von Joh. Roz (1542) enthält Umrisse von Neuholland, wie auch die Kartensammlung von Jean Valard aus Dieppe (1552), deren erste Kenntnis wir Herrn Coquebert Monbret verdanken.

[162] (S. 215.) Nach dem Tode von Mendaña übernahm in der Südsee seine durch persönlichen Mut und große Geistesgaben ausgezeichnete Frau Doña Isabella Baretos den Befehl der Expedition, welche erst 1596 endigte. — Quiros führte auf seinen Schiffen die Entsalzung des Seewassers im großen ein, und sein Beispiel wurde mehrfach befolgt. Die ganze Operation war, wie ich an einem anderen Orte durch das Zeugnis des Alexander von Aphrodisias erwiesen, schon im 3. Jahrhundert nach unserer Zeitrechnung bekannt, wenn auch wohl nicht auf Schiffen benutzt.

[163] (S. 217.) Dieser König starb zur Zeit des mexikanischen Königs Axayacatl, welcher von 1464 bis 1477 regierte. Ein Abkömmling des Nezahualcoyotl, eines Dichterkönigs, war der gelehrte einheimische Geschichtschreiber Fernando de Alva Ixtilxochitl, dessen handschriftliche Chronik der Chichimeken ich 1803 im Palaste des Vizekönigs von Mexiko gesehen und die Herr Prescott so glücklich benutzt hat. Der aztekische Name des Geschichtschreibers Fernando de Alva bedeutet Vanillengesicht. Herr Ternaux-Compans hat 1840 eine französische Uebersetzung des Manuskripts in Paris

drucken lassen. — Die Nachricht über die langen Elefantenhaare, welche Cadamosto sammelte, findet sich in Ramusio Vol. I. p. 109 und in Grynäus cap. 43, p. 33.

[164] (S. 217.) Es ist nach den übereinstimmenden Zeugnissen von Hernan Cortes in seinen Berichten an Kaiser Karl V., von Bernal Diaz, Gomara, Oviedo und Hernandez keinem Zweifel unterworfen, daß zur Zeit der Eroberung von Montezumas Reich in keinem Teile von Europa Menagerieen und botanische Gärten (Sammlungen lebender Tiere und Pflanzen) entstanden waren, die man mit denen von Huartepec, Chapultepec, Istapalapan und Tezcuco hätte vergleichen können.

[165] (S. 220.) Ueber die sonderbaren Verschiedenheiten der Bula de concesion á los Reyes Catholicos de las Indias descubiertas y que se descubrieren vom 3. Mai 1493 und der Bula de Alexandro VI sobre la particion del Oceano vom 4. Mai 1493 (erläutert in der Bula de extension vom 25. Sept. 1493) s. Examen crit. T. III. p. 52—54. Sehr verschieden von dieser Demarkationslinie ist die in der Capitulacion de la particion del Mar Oceano entre los Reyes Catholicos y Don Juan Rey de Portugal vom 7. Juni 1494 bestimmte Scheidungslinie, 370 leguas (zu 17½ auf einen Aequatorialgrad) westlich von den Kapverdischen Inseln. Die letztgenannte, welche zu dem Verkauf der Molukken (de el Maluco) an Portugal 1529 für die Summe von 350 000 Golddukaten geführt hat, stand in keiner Beziehung mit magnetischen und meteorologischen Phantasieen. Die päpstlichen Demarkationslinien verdienen aber darum hier eine genauere Anführung, weil sie, wie im Texte erwähnt ist, einen großen Einfluß auf die Bestrebungen nach Vervollkommnung der nautischen Astronomie und besonders der Längenmethoden ausgeübt haben. Recht merkwürdig ist es auch, daß die Capitulacion vom 7. Juni 1494 schon das erste Beispiel von der festen Bezeichnung eines Meridians durch in Felsen eingegrabene Marken oder errichtete Türme gibt. Es wird befohlen: „que se haga alguna señal ó torre" überall, wo der Grenzmeridian von Pol zu Pol in der östlichen und westlichen Halbkugel eine Insel oder einen Kontinent durchschneidet. In den Kontinenten soll die raya, von Distanz zu Distanz, durch eine Reihe solcher Zeichen oder Türme kenntlich gemacht werden, was allerdings kein kleines Unternehmen gewesen wäre!

[166] (S. 220.) Sehr bemerkenswert scheint mir zu sein, daß der früheste klassische Schriftsteller über den Erdmagnetismus, William Gilbert, bei welchem man nicht die geringste Kenntnis der chinesischen Litteratur vermuten kann, doch den Seekompaß für eine chinesische Erfindung hält, die Marco Polo nach Europa gebracht habe: „Illa quidem pyxide nihil unquam humanis excogitatum artibus humano generi profuisse magis, constat. Scientia nauticae pyxidulae traducta videtur in Italiam per Paulum Venetum, qui circa annum MCCLX apud Chinas artem pyxidis

didicit.“ Die Einführung durch Marco Polo, dessen Reisen in die Jahre 1271 bis 1295 fallen, der also nach Italien zurückkehrte, als Guyot de Provins in seinem Gedichte des Seekompasses, wie Jacques de Vitry und Dante, als eines längst bekannten Instrumentes gedacht hatten, ist durch nichts begründet. Ehe Marco Polo abreiste, schon in der Mitte des 13. Jahrhunderts, bedienten sich Catalanen und Basken des Seekompasses.

[167] (S. 121.) Nach neueren Forschungen fand Cabots erste Fahrt nach Amerika schon 1494 statt. [D. Herausg.]

[168] (S. 222.) Das Zeugnis über den sterbenden Sebastian Cabot s. in der mit vieler historischer Kritik abgefaßten Schrift von Biddle, Memoir of Seb. Cabot p. 222. „Man kennt,“ sagt Biddle, „mit Genauigkeit weder das Todesjahr noch den Begräbnisort des großen Seefahrers, der Großbritannien fast einen Kontinent geschenkt und ohne den (wie ohne Sir Walter Raleigh) vielleicht die englische Sprache nicht von vielen Millionen der Bewohner Amerikas gesprochen würde.“ -- Ueber die Materialien, nach denen die Variationskarte des Alonso de Santa Cruz konstruiert war, wie über die Variationskompasse, deren Vorrichtung schon zugleich erlaubte, Sonnenhöhen zu nehmen, s. Navarrete, Noticia biografica del Cosmografo Alonso de Santa Cruz p. 3—8. Der erste Variationskompaß war schon vor 1525 von einem kunstreichen Apotheker aus Sevilla, Felipe Guillen, zustande gebracht. Das Bestreben, die Richtung der magnetischen Deklinationskurven genauer kennen zu lernen, war so groß, daß 1585 Juan Jayme mit Francisco Gali bloß deshalb von Manila nach Acapulco schiffte, um ein von ihm erfundenes Deklinationsinstrument in der Südsee zu prüfen.

[169] (S. 222.) Diese vier magnetischen Linien ohne Abweichung haben Halley durch die Streitigkeiten zwischen Henry Bond und Beckborrow auf die Theorie von vier magnetischen Polen geführt.

[170] (S. 223.) In der gemäßigten und kalten Zone ist diese Krümmung der Isothermen zwischen den westlichen Küsten von Europa und den östlichen Küsten von Nordamerika allerdings allgemein, aber im Inneren der Tropenzone laufen die Isothermen dem Aequator fast parallel; und in den raschen Schlüssen, zu denen sich Kolumbus verleitet sieht, blieben unbeachtet die Unterschiede des See- und Landklimas wie der Ost- und Westküsten, der Einfluß der Breite und der Winde, die über Afrika wegwehen. (Vergl. die merkwürdigen Betrachtungen über die Klimate, welche in der Vida del Almirante cap. 66 zusammengestellt sind.) Die frühe Ahnung des Kolumbus von der Krümmung der Isothermen im Atlantischen Ozean war wohl begründet, wenn man sie auf die außertropische (gemäßigte und kalte) Zone beschränkt.

[171] (S. 223.) Der Admiral, sagt Fernando Colon (Vida del Alm. cap. 58), schrieb dem Umfang und der Dichtigkeit der Wälder, welche die Rücken der Berge bedeckten, die vielen erfrischenden, die Luft abkühlenden Regengüsse zu, denen er ausgesetzt war,

solange er längs der Küste von Jamaika hinsegelte. Er bemerkt bei dieser Gelegenheit in seinem Schiffsjournale, daß „vormals die Wassermenge ebenso groß war auf Madeira, auf den kanarischen und Azorischen Inseln; aber daß seit der Zeit, wo man die Bäume abgehauen hat, welche Schatten verbreiteten, die Regen daselbst viel seltener geworden sind". Diese Warnung ist drei und ein halbes Jahrhundert fast unbeachtet geblieben.

[172] (S. 223.) Die Inschrift von Adulis, fast anderthalbtausend Jahre älter als Anghiera, spricht von „abessinischem Schnee, in den man bis an die Kniee versinkt".

[173] (S. 224.) Leonardo da Vinci sagt von diesem Verfahren sehr schön: questo è il methodo da osservarsi nella ricerca de' fenomeni della natura. Die meisten physikalischen Arbeiten des Leonardo da Vinci sind von 1498.

[174] (S. 224.) Wie groß die Aufmerksamkeit auf Naturerscheinungen von früher Zeit an bei den Seeleuten gewesen ist, erkennt man auch in den ältesten spanischen Berichten. Diego de Lepe z. B. fand 1499 (wie ein Zeugnis in dem fiskalischen Prozesse gegen die Erben von Christoph Kolumbus es uns lehrt) mittels eines mit Klappenventilen versehenen Gefäßes, welches sich erst am Meeresboden öffnete, daß weit von der Mündung des Orinoko eine sechs Faden dicke Schicht süßen Wassers das Salzwasser bedeckt. Kolumbus schöpfte im Süden der Insel Cuba milchweißes Seewasser („weiß, als wäre Mehl hineingestreut"), um es in Flaschen mit nach Spanien zu nehmen. Ich war der Längenbestimmungen wegen an denselben Punkten, und es hat mich wunder genommen, daß dem alten erfahrenen Admiral die auf Untiefen so gewöhnliche trübe, milchweiße Farbe des Seewassers eine neue, unerwartete Erscheinung habe sein können. — Was den Golfstrom selbst betrifft, der als ein wichtiges kosmisches Phänomen zu betrachten ist, so waren die Wirkungen desselben schon lange vor der Entdeckung von Amerika auf den Azorischen und Kanarischen Inseln durch Anschwemmung von Bambusrohr, Pinusstämmen und sonderbar gestalteten Leichnamen aus den Antillen, ja selbst durch die unwillkürliche Landung von fremden Menschen in Kanoen, „die nie untergehen können", vielfach beobachtet worden. Man schrieb dieselben aber damals allein der Stärke von Weststürmen zu, ohne doch die von der Richtung der Winde ganz unabhängige Bewegung der Wasser, die gleichsam rückwirkende Inflexion des pelagischen Stromes gegen Osten und Südosten, d. h. den Impuls zu erkennen, welcher alljährlich tropische Früchte der Antillen den irischen und norwegischen Küsten zuführt.

[175] (S. 226.) Die Existenz des Sargassomeeres in der bisher beschriebenen Weise ist von dem Weltreisenden und Botaniker Dr. Otto Kuntze völlig in Abrede gestellt worden. [D. Herausg.]

[176] (S. 226.) Alonso de Ercilla hat in der Araucana die Stelle des Garcilaso nachgeahmt: Climas passè, mudè con stelaciones.

[177] (S. 227.) Nach den Begebenheiten, die Anghiera Dec. II, lib. X, p. 204 und Dec. III, lib. X, p. 232 anführt, muß die Stelle der Oceanica des Anghiera, welche von den Magelhaensschen Wolken handelt, zwischen 1514 und 1516 geschrieben worden sein. Andrea Corsali beschreibt auch in einem Briefe an Giuliano de' Medici die kreisförmige translatorische Bewegung von „due nugolette di ragionevol grandezza". Der Stern, den er zwischen Nubecula major und minor abbildet, scheint mir β Hydrae. Ueber Petrus Theodori von Emden und Houtman, den Schüler des Mathematikers Plancius, s. einen historischen Aufsatz von Olbers in Schuhmachers Jahrbuch für 1840 S. 249.

[178] (S. 229.) Ich habe an einem anderen Orte die Zweifel, welche mehrere berühmte Kommentatoren des Dante in neueren Zeiten über die quattro stelle geäußert, zu lösen gesucht. Um das Problem in seinem ganzen Umfang zu fassen, muß die Stelle Io mi volsi . . . (Purgat. I, v. 22—24) mit den anderen Stellen: Purg. I, v. 37, VIII, v. 85—93, XXIX, v. 121, XXX, v. 97, XXXI, v. 106 und Inf. XXVI, v. 117 und 127 verglichen werden. Der Mailänder Astronom de Cäsaris hielt die drei facelle (Di che'l polo di quà tutto quanto arde und welche untergehen, wenn die vier Sterne des Kreuzes aufgehen) für Canopus, Achernar und Fomahaut. Ich habe versucht, die Schwierigkeiten durch die nachfolgenden Betrachtungen zu lösen: „Le mysticisme philosophique et religieux qui pénètre et vivifie l'immense composition du Dante, assigne à tous les objets, à côté de leur existence réelle ou matérielle, une existence idéale. C'est comme deux mondes, dont l'un est le reflet de l'autre. Le groupe des quatre étoiles représente, dans l'ordre moral, les *vertus cardinales*: la prudence, la justice, la force et la tempérance; elles méritent pour cela le nom de „saintes lumières, *luci sante*". Les trois étoiles „qui éclairent le pôle", représentent les *vertus théologales:* la foi, l'espérance et la charité. Les premiers de ces êtres nous révèlent eux-mêmes leur double nature; ils chantent: „Ici nous sommes des nymphes, dans le ciel nous sommes des étoiles; *Noi sem qui Ninfe, e nel ciel semo stelle.*" Dans la *Terre de la vérité*, le Paradis terrestre, sept nymphes se trouvent réunies: „*In cerchio le facevan di se claustro le sette Ninfe.*" C'est la réunion des vertus cardinales et théologales. Sous ces formes mystiques, les objets réels du firmament, éloignés les uns des autres, d'après les lois éternelles de la *Mécanique céleste*, se reconnaissent à peine. Le monde idéal est une libre création de l'âme, le produit de l'inspiration poétique."

[179] (S. 229.) Da die Sterne α und γ des südlichen Kreuzes fast einerlei Geradaufsteigung haben, so erscheint das Kreuz senkrecht, wenn es durch den Meridian geht; aber die Eingeborenen vergessen nur zu oft, daß diese Himmelsuhr jeden Tag um 3′ 56″

voreilt. — Alle Berechnungen über das Sichtbarsein südlicher Sterne in nördlichen Breiten verdanke ich den freundschaftlichen Mitteilungen des Herrn Dr. Galle, der zuerst den Planeten von le Verrier am Himmel aufgefunden. „Die Unsicherheit der Berechnung, nach welcher der Stern α des südlichen Kreuzes, mit Rücksicht auf Refraktion, für 52° 25′ nördlicher Breite um das Jahr 2900 vor der christlichen Zeitrechnung anfing unsichtbar zu werden, kann vielleicht mehr als 100 Jahre betragen, und würde sich auch bei strengster Berechnungsform nicht ganz beseitigen lassen, da die eigene Bewegung der Fixsterne für so lange Zeiträume wohl nicht gleichförmig ist. Die eigene Bewegung von α Crucis beträgt etwa $^1/_3$ Sekunde jährlich, meist im Sinne der Rektaszension. Von der durch Vernachlässigung derselben erzeugten Unsicherheit steht zu erwarten, daß sie die obige Zeitgrenze nicht übersteige."

[180] (S. 232.) Die Königin schreibt an Kolumbus: Nosotros mismos, *y no otro alguno*, habemos visto algo del libro que nos dejástes (ein Reisejournal, in dem der mißtrauische Seemann alle numerischen Angaben von Breitengraden und Distanzen weggelassen hatte): quanto mas en esto platicamos y vemos, conocemos *cuan gran cosa ha seido este negocio vuestro y que habeis sabido en ello mas que nunca se pensó que pudiera saber ninguno de los nacidos. Nos parece que sería bien* que llevásedes con vos *un buen Estrologo*, y nos paresçia que sería bueno para esto *Fray Antonio de Marchena*, porque es buen Estrologo y siempre nos pareció *que se conformaba con vuestro parecer*. Dieser Marchena ist identisch mit Fray Juan Perez, dem Guardian des Klosters de la Rabida, in welchem Kolumbus in seiner Armut 1484 die Mönche „für sein Kind um Brot und Wasser ansprach". — Die astronomischen Ephemeriden nennt Kolumbus eine vision profetica in einem Briefe an die Christianissimos Monarcas aus Jamaika vom 7. Juli 1503. — Der portugiesische Astronom Ruy Falero, aus Cubilla gebürtig, von Karl V. 1519 zugleich mit Magelhaens zum Caballero de la Orden de Santiago ernannt, spielte eine wichtige Rolle in den Zurüstungen zu Magelhaens Weltumsegelung. Er hatte eine eigene Abhandlung über die Längenbestimmungen für Magelhaens angefertigt, von welcher der große Geschichtschreiber Barros einige Kapitel handschriftlich besaß, wahrscheinlich dieselbe, welche 1535 in Sevilla bei Johann Cromberger gedruckt worden ist. Navarrete hat das Buch selbst in Spanien nicht auffinden können. Ueber die vier Längenmethoden, die Falero durch Eingebung seines Demonio familiar besaß, siehe Herrera Dec. II, lib. II, cap. 19 und Navarrete T. V, p. LXXVII. Später machte der Kosmograph Alonso de Santa Cruz, derselbe, welcher (wie der Apotheker aus Sevilla, Felipe Guillen, 1525) die Länge durch die Variation der Magnetnadel zu bestimmen versuchte, unausführbare Vorschläge, zu demselben Zweck durch Uebertragung der Zeit zu gelangen; aber seine Chronometer

waren Sand- und Wasseruhren, Räderwerke durch Gewichte bewegt, ja selbst „in Oel getränkte Dochte", die in sehr gleicher Zeitdauer abbrannten! — Pigafetta (Transunto del Trattato di Navigazione p. 219) empfiehlt Mondhöhen im Meridian. Von den Lunarlängenmethoden sagt Amerigo Vespucci sehr naiv und wahr: der Vorteil, welchen sie gewähren, entspringe aus dem corso più leggier de la luna.

[181] (S. 233.) Die amerikanische Menschenrasse, eine und dieselbe von 65° nördlicher bis 55° südlicher Breite, ging vom Jagdleben nicht durch die Stufe des Hirtenlebens zum Ackerbau über. Dieser Umstand ist um so merkwürdiger, als der Bison, von welchem ungeheure Herden umherschwärmen, der Zähmung fähig ist und viel Milch gibt. Wenig beachtet ist die Nachricht, die man in Gomara liest und nach der im Nordwesten von Mexiko unter 40° Breite noch im 16. Jahrhunderte ein Volksstamm lebte, dessen größter Reichtum in Herden gezähmter Bisons (bueyes con una giba) bestand. Von diesen Tieren erhielten die Eingeborenen Stoff zur Bekleidung, Speise und Trank, wahrscheinlich Blut; denn die Abneigung gegen Milch, oder wenigstens der Nichtgebrauch derselben, scheint, vor der Ankunft der Europäer, allen Eingeborenen des neuen Kontinents mit den Bewohnern von China und Kochinchina gemein gewesen zu sein. Allerdings gab es von jeher in dem gebirgigen Teile von Quito, Peru und Chile Herden zahmer Lamas. Diese Herden waren aber der Reichtum von Völkern, welche angesiedelt sich mit der Kultur des Bodens beschäftigten; in den Kordilleren von Südamerika fand man keine Hirtenvölker, kein Hirtenleben. Was sind die „gezähmten Hirsche" bei der Punta de S. Helena, deren ich Erwähnung finde in Herrera Dec. II, lib. X, cap. 6? Diese Hirsche sollen Milch und Käse gegeben haben: ciervos que dan leche y queso y se crian en casa! Aus welcher Quelle ist diese Notiz geschöpft? Sie kann aus einer Verwechselung mit den geweih- und hornlosen Lamas der kalten Bergregion entstanden sein, von denen Garcilaso behauptet, daß sie in Peru, besonders auf der Hochebene des Callao, zum Pflügen gebraucht wurden. Diese Anwendung scheint wohl nur eine seltene Ausnahme, eine Lokalsitte gewesen zu sein. Denn im allgemeinen war der amerikanische Menschenstamm durch Mangel von Haustieren charakterisiert, was auf das Familienleben tief einwirkte.

[182] (S. 234.) Ueber die Hoffnung, welche Luther bei der Ausführung seines großen freisinnigen Werkes zuerst vorzugsweise auf die jüngere Generation, auf die Jugend Deutschlands setzte, s. die merkwürdigen Aeußerungen in einem Briefe vom Monat Juni 1518.

[183] (S. 234.) Ich habe an einem anderen Orte gezeigt, wie die Kenntnis der Epoche, in welcher Vespucci zum königlichen Oberpiloten ernannt wurde, allein schon die zuerst von dem Astronomen

Schoner in Nürnberg 1533 ersonnene Anklage widerlegt, daß Vespucci die Worte Terra di Amerigo listig in die von ihm umgeänderten Küstenkarten eingeschrieben habe. Die hohe Achtung, welche der spanische Hof den hydrographischen und astronomischen Kenntnissen des Amerigo Vespucci schenkte, leuchtet deutlich hervor aus den Vorschriften (Real titulo con extensas facultades), die ihm gegeben wurden, als man ihn am 22. März 1508 zum Piloto major ernannte. Er wird an die Spitze eines wahren Deposito hydrografico gestellt und soll für die Casa de Contratacion in Sevilla, den Centralpunkt aller ozeanischen Unternehmungen, eine allgemeine Küstenbeschreibung und ein Positionsverzeichnis (Padron general) anfertigen, in dem jährlich alles neu Entdeckte nachzutragen wäre. Aber schon 1507 ist der Name Americi terra von einem Manne, dessen Existenz dem Vespucci gewiß unbekannt geblieben war, von dem Geographen Waldseemüller (Martinus Hylacomylus) aus Freiburg im Breisgau, dem Vorsteher einer Druckerei zu St. Dié in Lothringen in einer kleinen Weltbeschreibung: Cosmographiae Introductio. insuper quatuor Americi Vespucii Navigationes (impr. in oppido S. Deodati 1507), für den neuen Kontinent vorgeschlagen worden. Ringmann, Professor der Kosmographie in Basel (bekannter unter dem Namen Philesius), Hylacomylus und der Pater Gregorius Reisch, Herausgeber der Margarita philosophica, waren genaue Freunde. In der letzten Schrift findet sich eine Abhandlung des Hylacomylus über Architektur und Perspektive von 1509. Laurentius Phrisius in Metz, ein Freund des Hylacomylus und wie dieser von dem mit Vespucci in Briefwechsel stehenden Herzog Renatus von Lothringen beschützt, nennt den Hylacomylus einen Verstorbenen in der Straßburger Ausgabe des Ptolemäus von 1522. Die in dieser Ausgabe enthaltene, von Hylacomylus gezeichnete Karte des neuen Kontinents bietet zum erstenmal in den Ausgaben der Geographie des Ptolemäus den Namen America dar. Nach meinen Untersuchungen war indes schon zwei Jahre früher eine Weltkarte von Petrus Apianus erschienen, welche einmal des Camers Ausgabe des Solinus, ein zweites Mal der Vadianischen Ausgabe des Mela beigefügt ist und, wie neuere chinesische Karten, den Isthmus von Panama durchbrochen darstellt. Sehr mit Unrecht hat man ehemals die jetzt in Weimar befindliche Karte aus der Ebnerschen Bibliothek zu Nürnberg von 1527 und die davon verschiedene, von Güssefeld gestochene, des Diego Ribero von 1529 für die ältesten Karten des neuen Kontinents gehalten. Vespucci hatte mit Juan de la Cosa, dessen, volle sechs Jahre vor des Kolumbus Tode, 1500 im Puerto de Santa Maria gezeichnete Karte ich zuerst bekannt gemacht habe, in der Expedition von Alonso de Hojeda 1499 die Küsten von Südamerika besucht, ein Jahr nach Christoph Kolumbus' dritter Reise. Vespucci hätte gar keinen Zweck haben können, eine Reise vom Jahre 1497 zu fingieren, da er

sowohl als Kolumbus bis an ihren Tod fest überzeugt gewesen sind, nur Teile des östlichen Asiens berührt zu haben. (Vergl. den Brief des Kolumbus an den Papst Alexander VI. vom Februar 1502 und einen anderen an die Königin Isabella vom Juli 1503 in Navarrete T. I. p. 304. T. II. p. 280. wie Vespuccis Brief an Pier Francesco de' Medici in Bandini, Vita e Lettere di Amerigo Vespucci p. 66 und 83.) Pedro de Ledesma, Pilot des Kolumbus auf der dritten Reise, sagt noch 1513 in dem Prozesse gegen die Erben, „daß man Paria für einen Teil von Asien halte, la tierra firme que dicese que es de Asia.“ Die oft gebrauchten Periphrasen Mondo nuovo, alter Orbis, Colonus novi orbis repertor stehen damit nicht in Widerspruch, da sie nur auf nie vorher gesehene Gegenden deuten und ebenso von Strabo, Mela, Tertullian, Isidor von Sevilla und Cadamosto gebraucht werden. Noch mehr als 20 Jahre nach dem Tode von Vespucci, der 1512 erfolgte, ja bis zu den Verleumdungen von Schoner im Opusculum geographicum 1533 und von Servet in der Lyoner Ausgabe der Geographie des Ptolemäus von 1535 findet man keine Klage gegen den Florentiner Seefahrer. Christoph Kolumbus nennt ihn ein Jahr vor seinem Tode einen Mann „von dem unbescholtensten Charakter (mucho hombre de bien), alles Vertrauens würdig, immer geneigt ihm nützlich zu sein“. Ebenso wohlwollend für Vespucci sind Fernando Colon, welcher das Leben seines Vaters erst gegen 1535, vier Jahre vor seinem Tode, in Sevilla abfaßte und mit Juan Vespucci, dem Neffen des Amerigo, 1524 der astronomischen Junta zu Badojoz und den Verhandlungen über den Besitz der Molukken beiwohnte; Petrus Martyr de Anghiera, der persönliche Freund des Admirals, dessen Briefwechsel bis 1525 reicht; Oviedo, der alles aufsucht, was den Ruf des Kolumbus vermindern kann; Ramusio und der große Geschichtschreiber Guicciardini. Wenn Amerigo absichtlich die Zeitepochen seiner Reisen hätte verfälschen wollen, so würde er sie miteinander in Uebereinstimmung gebracht haben, nicht die erste Reise fünf Monate nach dem Antritt der zweiten geendigt haben. Die Zahlenverwirrungen in den vielen Uebersetzungen seiner Reisen sind nicht ihm zuzuschreiben, da er keinen dieser Berichte selbst herausgegeben. Solche Zahlenverwechselungen waren übrigens in den Druckschriften des 16. Jahrhunderts sehr gewöhnlich. Oviedo hatte als Edelknabe der Königin der Audienz beigewohnt, in welcher Ferdinand und Isabella 1493 den Admiral nach seiner ersten Entdeckungsreise in Barcelona pomphaft empfingen. Er hat dreimal drucken lassen, daß die Audienz im Jahre 1496 stattfand, ja sogar, daß Amerika 1491 entdeckt wurde. Gomara läßt dasselbe, nicht mit Ziffern, sondern mit Worten drucken und setzt die Entdeckung der Tierra firme von Amerika in 1497, also genau in das für den Ruf des Amerigo Vespucci so verhängnisvolle Jahr. Für das ganz schuldlose Benehmen des Florentiners, der nie dem neuen Kontinente seinen Namen beizulegen

versucht hat, aber durch seine Ruhmredigkeit in den Berichten an den Gonfaloniere Piero Soderini, an Pierfrancesco de' Medici und an Herzog Renatus II. von Lothringen das Unglück gehabt hat, die Aufmerksamkeit der Nachwelt mehr auf sich zu ziehen, als er es verdiente, spricht am meisten der Prozeß, welchen der Fiskal in den Jahren 1508 bis 1527 gegen die Erben von Christoph Kolumbus führte, um ihnen die Privilegien und Rechte zu entziehen, die dem Admiral bereits 1492 von der Krone verliehen waren. Amerigo trat in Staatsdienst als Pilato mayor in demselben Jahre, als der Prozeß begann. Er lebte noch vier Jahre lang in Sevilla während der Führung des Prozesses, in welchem entschieden werden sollte, welche Teile des neuen Kontinents von Kolumbus berührt worden wären. Die elendesten Gerüchte fanden Gehör und dienten dem Fiskal zur Anklage. Man suchte Zeugen in Santo Domingo und allen spanischen Häfen, in Moguer, Palos und Sevilla, gleichsam unter den Augen von Amerigo Vespucci und seines Neffen Juan. Der Mundus Novus, gedruckt bei Johann Otmar zu Augsburg 1504, die Raccolta di Vicenza (Mondo Novo e paesi novamente retrovati da Alberico Vespuzio Fiorentino) von Alessandro Zorzi 1507, gewöhnlich dem Fracanzio di Montalboddo zugeschrieben, die Quatuor Navigationes von Martin Waldseemüller (Hylacomylus) waren schon erschienen; seit 1520 gab es Weltkarten, auf denen der Name Amerika, welchen Hylacomylus 1507 vorgeschlagen und Joachim Vadianus 1512 in einem Briefe aus Wien an Rudolf Agricola belobt hatte, eingeschrieben war, und doch wurde der Mann, welchem in Deutschland, in Frankreich und Italien weit verbreitete Schriften eine Reise nach der Tierra firme von Paria im Jahre 1497 zuschrieben, von dem Fiskal in dem bereits begonnenen und 19 Jahre lang fortgeführten Prozesse weder persönlich citiert, noch als Vorgänger und Widersacher des Kolumbus genannt? Warum würde nicht nach dem Tode des Amerigo Vespucci (22. Februar 1512 in Sevilla) sein Neffe Juan Vespucci, wie es mit Martin Alonso und Vicente Yañez Pinzon, mit Juan de la Cosa und Alonso de Hojeda geschah, berufen worden sein, um zu bezeugen, daß die Küste von Paria, die nicht als „festes Land von Asien", sondern wegen der nahen und einträglichen Perlenfischerei einen so großen Wert hatte, bereits vor Kolumbus, d. h. vor dem 1. August 1498, von Amerigo berührt worden sei? Diese Nichtbenutzung des wichtigsten Zeugnisses bleibt unerklärbar, wenn Amerigo Vespucci sich je gerühmt hätte eine Entdeckungsreise 1497 gemacht zu haben, wenn man damals auf die verworrenen Zeitangaben und Druckfehler der Quatuor Navigationes irgend einen ernsten Wert gelegt hätte. Das große, noch ungedruckte Werk eines Freundes des Kolumbus, Fray Bartholomé de las Casas (die Historia general de las Indias), ist, wie wir sehr bestimmt wissen, in den einzelnen Teilen zu sehr verschiedenen Epochen geschrieben. Es wurde erst 15 Jahre

nach dem Tode des Amerigo, 1527, begonnen und 1559 vollendet, sieben Jahre vor dem im 92. Lebensjahre erfolgten Tode des greisen Verfassers. Lob und bitterer Tadel sind darin wunderbar gemischt. Man sieht den Haß und den Verdacht des Betruges zusammen, je mehr der Ruf des florentinischen Seefahrers sich verbreitet. In der Vorrede (Prologo), die zuerst geschrieben worden ist, heißt es: „Amerigo erzählt, was er in zwei Reisen nach unseren Indien unternommen; doch scheint er manche Umstände verschwiegen zu haben, sei es geflissentlich (á saviendas) oder weil er sie nicht beachtete. Deshalb haben ihm einige zugeschrieben, was anderen gehört, denen es nicht entzogen werden sollte." Ebenso gemäßigt ist noch das Urteil lib. I. cap. 140: „Hier muß ich des Unrechtes erwähnen, welches Amerigo *scheint* dem Admiral gethan zu haben oder vielleicht die, welche seine *Quatuor Navigationes* drucken ließen (ó los que imprimiéron). Es wird ihm allein, ohne andere zu nennen, die Entdeckung des Festlandes zugeschrieben. Auf Karten soll er den Namen Amerika gesetzt und so gegen den Admiral sündlich gefehlt haben. Da Amerigo sprachgewandt war und zierlich zu schreiben wußte (era latino y eloquente), so hat er sich für den Anführer der Expedition des Hojeda in dem Briefe an den König Renatus ausgegeben. Er war jedoch nur einer der Steuerleute, wenngleich erfahren im Seewesen und gelehrt in der Kosmographie (hombre entendido en las cosas de la mar y docto en Cosmographia) . . . . . In der Welt ist verbreitet worden, er sei der Erste gewesen am festen Lande. Hat er dies mit Absicht verbreitet, so ist es große Bosheit; und war auch keine wirkliche Absicht da, so sieht es doch danach aus (clara pareze la falsedad: y si fué de industria hecha, maldad grande fué; y ya que no lo fuese, al menos parezelo) . . . . . Amerigo soll im Jahre 7 (1497) abgereist sein, eine Angabe, die freilich nur ein Schreibversehen zu sein scheint, nicht eine böswillige (pareze aver avido yerro de pendola y no malicia), weil er nach 18 Monaten will zurückgekommen sein. Die *fremden Schriftsteller* nennen das Land Amerika. Es sollte *Kolumba* heißen." Diese Stelle zeigt deutlich, daß Casas bis dahin den Amerigo selbst nicht beschuldigt, den Namen Amerika in Umlauf gesetzt zu haben. Er sagt: „An tomado los escriptores extrangeros de nombrar la nuestra Tierra firme America, como si Americo solo y no otro con él y antes que todos la oviera descubierto." In lib. I. cap. 164—169 und lib. II. cap. 2 bricht aber der ganze Haß auf einmal aus. Es wird nichts mehr einem bloßen Versehen in der Zahlenangabe der Jahre oder der Vorliebe der Fremden für Amerigo zugeschrieben; alles ist absichtsvoller Betrug, dessen Amerigo selbst sich schuldig gemacht (de industria lo hizo . . . . persistió en el engaña . . . . de falsedad está claramente convencido). Bartholomé de las Casas bemüht sich noch an beiden Stellen, dem Amerigo speziell nachzuweisen, daß er in seinen Berichten die Reihenfolge der Ereignisse

der zwei ersten Reisen verfälscht, manches der ersten Reise zugeteilt habe, was auf der zweiten geschehen, und umgekehrt. Auffallend genug ist mir, daß der Ankläger nicht gefühlt zu haben scheint, wie sehr das Gewicht seiner Anklage dadurch vermindert wird, daß er von der entgegengesetzten Meinung und von der Gleichgültigkeit dessen spricht, der das lebhafteste Interesse hatte, den Amerigo Vespucci anzugreifen, wenn er ihn für schuldig und seinem Vater für feindlich gehalten hätte. „Ich muß mich wundern," sagt las Casas (cap. 164), „daß Hernando Colon, ein Mann von großer Einsicht, der, wie ich es bestimmt weiß, die Reiseberichte des Amerigo in Händen hatte, gar nicht darin Betrug und Ungerechtigkeit gegen den Admiral bemerkt hat." — Da ich vor wenigen Monaten von neuem Gelegenheit gehabt, das seltene Manuskript von Bartholomé de las Casas zu untersuchen, so habe ich über einen so wichtigen und bisher so unvollständig behandelten historischen Gegenstand in dieser langen Anmerkung dasjenige einschalten wollen, was ich im Jahre 1839 in meinem Examen critique T. V. p. 178—217 noch nicht benutzt hatte. Die Ueberzeugung, welche ich damals äußerte, ist unerschüttert zurückgeblieben: „Quand la dénomination d'un grand continent, généralement adoptée et consacrée par l'usage de plusieurs siècles, se présente comme un monument de l'injustice des hommes, il est naturel d'attribuer d'abord la cause de cette injustice à celui qui semblait le plus intéressé à la commettre. L'étude des documens a prouvé qu'aucun fait certain n'appuie cette supposition, et que le nom d'*Amérique* a pris naissance dans un pays éloigné (en France et en Allemagne), par un concours d'incidens qui paraissent écarter jusqu'au soupçon d'une influence de la part de Vespuce. C'est là que s'arrête la critique historique. Le champ sans bornes des causes *inconnues*, ou des combinaisons morales *possible*, n'est pas du domaine de l'histoire positive. Un homme qui pendant une longue carrière a joui de l'estime des plus illustres de ses contemporains, s'est élevé, par ses connaissances en astronomie nautique, distinguées pour le temps où il vivait, à un emploi honorable. Le concours de circonstances fortuites lui a donné une célébrité dont le poids, pendant trois siècles, a pesé sur sa mémoire, en fournissant des motifs pour avilir son caractère. Une telle position est bien rare dans l'histoire des infortunes humaines: c'est l'exemple d'une flétrissure morale croissant avec l'illustration du nom. Il valait la peine de scruter ce qui, dans ce mélange de succès et d'adversités, appartient au navigateur même, aux hazards de la rédactions précipitée de ses écrits, ou à de maladroits et dangereux amis." Kopernikus selbst hat zu diesem gefahrbringenden Ruhme beigetragen; auch er schreibt die Entdeckung des neuen Weltteils dem Vespucci zu. Indem er über das „centrum gravitatis und centrum magnitudinis" des Festlandes disputiert, fügt

er hinzu: „Magis id erit clarum, si addantur insulae aetate nostra sub Hispaniarum Lusitaniaeque Principibus repertae, et praesertim America ab inventore denominata navium praefecto, quam, ob incompertam ejus adhuc magnitudinem, alterum orbem terrarum putant."

[184] (S. 236.) „Die Fernröhre, welche Galilei selbst konstruierte, und andere, deren er sich bediente, um die Jupitertrabanten, die Phasen der Venus und die Sonnenflecken zu beobachten, hatten stufenweise 4-, 7- und 32malige Linearvergrößerung, nie eine größere." Arago im Annuaire du Bureau des Long. pour l'an 1842, p. 268.

[185] (S. 237.) Westphal in der dem großen Königsberger Astronomen Bessel gewidmeten Biographie des Kopernikus, 1822, S. 33, nennt, wie Gassendi, den Bischof von Ermland Lukas Watzelrodt von Allen. Nach Erläuterungen, die ich ganz neuerlich dem gelehrten Geschichtschreiber von Preußen, dem geh. Archivdirektor Voigt, verdanke, „wird die Familie der Mutter des Kopernikus in Urkunden: Weiselrodt, Weißelrot, Weisebrodt, am gewöhnlichsten Waißelrode genannt. Die Mutter war unzweifelhaft deutschen Stammes, und das Geschlecht der Waißelrode, ursprünglich von dem Geschlechte derer von Allen, das seit dem Anfange des 15. Jahrhunderts in Thorn blühte, verschieden, hat, wahrscheinlich durch Adoption oder wegen naher Verwandtschaftsverhältnisse den Namenszusatz von Allen angenommen." Sniadecki und Czynski nennen die Mutter des großen Kopernikus Barbara Wasselrode, welche der Vater, dessen Familie sie aus Böhmen herleiten, 1464 zu Thorn geheiratet habe. Den Namen des Astronomen, welchen Gassendi als Torneaus Borussus bezeichnet, schreiben Westphal und Czynski Köpernik, Krzyzanowski Kopirnig. In einem Briefe des ermländischen Bischofs Martin Kromer aus Heilsberg am 21. November 1580 heißt es: „Cum Jo. (Nicolaus) Copernicus vivens ornamento fuerit atque etiam nunc post fata sit, non solum huic Ecclesiae, verum etiam *toti Prussiae patriae* suae, iniquum esse puto, eum post obitum carere honore sepulchri sive monumenti."

[186] (S. 237.) So Gassendi in Nicolai Copernici vita, angehängt seiner Lebensbeschreibung des Tycho (Tychonis Brahei vita), 1655, Hagae-Comitum, p. 320: eodem die et horis non multis prius quam animam efflaret. Nur Schubert und Robert Small behaupten, daß Kopernikus „wenige Tage nach dem Erscheinen seines Werkes" verschieden sei. Dies ist auch die Meinung des Archivdirektors Voigt zu Königsberg, weil in einem Briefe, den der ermländische Domherr Georg Donner kurz nach dem Tode des Kopernikus an den Herzog von Preußen schrieb, gesagt wird: „der achtbare und würdige Doktor Nikolaus Koppernik habe sein Werk kurz vor den Tagen seines letzten Abschiedes von diesem Elend, gleichsam als einen süßen Schwanengesang ausgehen lassen".

Nach der gewöhnlichen Annahme war das Werk 1507 begonnen und 1530 schon so weit vollendet, daß späterhin nur wenige Verbesserungen angebracht wurden. Durch einen Brief des Kardinals Schonberg, aus Rom vom November 1536, wird die Herausgabe beeilt. Der Kardinal will durch Theodor von Reden das Manuskript abschreiben und sich schicken lassen. Daß die ganze Bearbeitung des Buches sich bis in das quartum novennium verzögert habe, sagt Kopernikus selbst in der Zueignung an Papst Paul III. Wenn man nun bedenkt, wie viel Zeit zum Druck einer 400 Seiten langen Schrift erforderlich war und daß der große Mann schon im Mai 1543 starb, so ist zu vermuten, daß die Zueignung nicht im zuletzt genannten Jahre geschrieben ist, woraus dann für den Anfang der Bearbeitung sich uns (36 Jahre zurückrechnend) nicht ein späteres, sondern ein früheres Jahr als 1507 ergibt. - Daß die zu Frauenburg dem Kopernikus allgemein zugeschriebene Wasserleitung nach seinen Entwürfen ausgeführt worden sei, bezweifelt Prof. Voigt. Er findet, daß erst 1571 zwischen dem Domkapitel und dem „kunstreichen Meister Valentin Zendel, Rohrmeister in Breslau", ein Kontrakt geschlossen wurde, um das Wasser zu Frauenburg aus dem Mühlgraben in die Wohnungen der Domherren zu leiten. Von einer früher vorhandenen Wasserleitung ist keine Rede. Die jetzige ist also erst 28 Jahre nach dem Tode des Kopernikus entstanden.

[187] (S. 238.) „Neque enim necesse est, eas hypotheses esse veras, imo ne verisimiles quidem; sed sufficit hoc unum, si calculum observationibus congruentem exhibeant", sagt der Vorbericht des Osiander. „Der Bischof von Kulm, Tidemann Giese, aus Danzig gebürtig, welcher jahrelang den Kopernikus wegen der Herausgabe seines Werkes bedrängte, erhielt endlich das Manuskript mit dem Auftrage, es ganz nach seiner freien Wahl zum Druck zu befördern. Er schickte dasselbe zuerst an den Rhäticus, Professor in Wittenberg, der kurz vorher lange bei seinem Lehrer in Frauenburg gelebt hatte. Rhäticus hielt Nürnberg geeigneter für die Herausgabe und trug die Besorgung des Druckes dem dortigen Professor Schoner und dem Andreas Osiander auf." Die Lobsprüche, welche am Ende des Vorberichts dem Werke des Kopernikus erteilt werden, hätten auch schon, ohne das ausdrückliche Zeugnis des Gassendi, darauf führen müssen, daß der Vorbericht von fremder Hand sei. Auch auf dem Titel der ersten Ausgabe, der von Nürnberg von 1543, hat Osiander den in allem, was Kopernikus selbst geschrieben, sorgfältig vermiedenen Ausdruck: motus stellarum novis insuper ac admirabilibus hypothesibus ornati neben dem überaus unzarten Zusatze: „igitur studiose lector, eme, lege, fruere" angebracht. In der zweiten, Baseler, Ausgabe von 1566, die ich sehr sorgfältig mit der ersten, Nürnberger, verglichen, ist auf dem Titel des Buches nicht mehr der „bewundernswürdigen Hypothesen" gedacht; aber Osianders Praefatiuncula de

hypothesibus hujus operis, wie Gassendi den eingeschobenen Vorbericht nennt, ist beibehalten. Daß übrigens Osiander, ohne sich zu nennen, selbst hat darauf hinweisen wollen, die Praefatiuncula sei von fremder Hand, erhellt auch daraus, daß er die Dedikation an Paul III. als Praefatio authoris bezeichnet. Die erste Ausgabe hat nur 196 Blätter, die zweite 213 wegen der angefügten Narratio prima des Astronomen Georg Joachim Rhäticus, eines erzählenden an Schoner gerichteten Briefes, der, wie ich im Texte bemerkt, bereits 1541 durch den Mathematiker Gassarus in Basel zum Druck befördert, der gelehrten Welt die erste genauere Kenntnis des kopernikanischen Systemes gab. Rhäticus hatte 1539 seine Professur in Wittenberg niedergelegt, um zu Frauenburg selbst des Kopernikus Unterricht zu genießen. Die Erläuterung von dem, was sich Osiander aus Furchtsamkeit zuzusetzen bewogen fand, gibt Gassendi: „Andreas porro Osiander fuit, qui non modo operarum inspector (der Besorger des Druckes) fuit, sed Praefatiunculam quoque ad lectorem (tacito licet nomine) de Hypothesibus operis adhibuit. Ejus in ea consilium fuit, ut, tametsi Copernicus Motum Terrae habuisset, non solum pro Hypothesi, sed pro vero etiam placito; ipse tamen ad rem, ob illos, qui heinc offenderentur, leniendam, excusatum eum faceret, quasi talem Motum non pro dogmate, sed pro Hypothesi mera assumpsisset."

[198] (S. 239.) „Quis enim in hoc pulcherrimo templo lampadem hanc in alio vel meliori loco poneret, quam unde totum simul possit illuminare? Siquidem non inepte quidam lucernam mundi, alii mentem, alii rectorem vocant. Trimegistus visibilem Deum, Sophoclis Electra intuentem omnia. Ita profecto tanquam in solio regali Sol residens circumagentem gubernat Astrorum familiam: Tellus quoque minime fraudatur lunari ministerio, sed ut Aristoteles de animalibus ait, maximam Luna cum terra cognationem habet. Concipit interea a Sole terra, et impregnatur annuo partu. Invenimus igitur sub hac ordinatione admirandam mundi symmetriam ac certum harmoniae nexum motus et magnitudinis orbium: qualis alio modo reperiri non potest." (Nikol. Kopernikus, De Revol. orbium coelestium lib. I, cap. 10, p. 9,b.) In dieser Stelle, welche nicht ohne dichterische Anmut und Erhabenheit des Ausdrucks ist, erkennt man, wie bei allen Astronomen des 17. Jahrhunderts, Spuren eines langen und schönen Verkehrs mit dem klassischen Altertume. Kopernikus hatte im Andenken: Cic. Somn. Scip. cap. 4, Plin. II. 4 und Mercur. Trismeg. lib. V. Die Anspielung auf die Elektra des Sophokles ist dunkel, da die Sonne nie ausdrücklich darin allsehend genannt wird, wie sonst in der Ilias und der Odyssee, auch in den Choephoren des Aeschylus, die Kopernikus wohl nicht Elektra würde genannt haben. Nach Böckhs Vermutung ist die Anspielung

wohl einem Gedächtnisfehler zuzuschreiben und Folge einer dunklen Erinnerung an Vers 869 des Oedipus in Kolonos des Sophokles. Sonderbarerweise ist ganz neuerlich in einer sonst lehrreichen Schrift (Czynski, Kopernik et ses travaux. 1847. p. 102) die Elektra des Tragikers mit elektrischen Strömungen verwechselt worden. Man liest als Uebersetzung der oben angeführten Stelle des Kopernikus: „Si on prend le soleil pour le flambeau de l'Univers, pour son âme, pour son guide, si Trimegiste le nomme un Dieu, si *Sophocle le croit une puissance électrique* qui anime et contemple *l'ensemble de la création* . . . . . "

189 (S. 239.) „Pluribus ergo existentibus centris, de centro quoque mundi non temere quis dubitabit, an videlicet fuerit istud gravitatis terrenae, an aliud. Equidem existimo, *gravitatem* non aliud esse, quam appetentiam quandam naturalem partibus inditam a divina providentia opificis universorum, ut in unitatem integritatemque suam sese conferant in formam globi coëuntes. Quam affectionem credibile est etiam Soli, Lunae, caeterisque errantium fulgoribus inesse, ut ejus efficacia in ea qua se repraesentant rotunditate permaneant, quae nihilominus multis modis suos efficiunt circuitus. Si igitur et terra faciat alios, utpote secundum centrum (mundi), necesse erit eos esse qui similiter extrinsecus in multis apparent, in quibus invenimus annuum circuitum. — Ipse denique Sol medium mundi putabitur possidere, quae omnia ratio ordinis, quo illa sibi invicem succedunt, et mundi totius harmonia nos docet, si modo rem ipsam ambobus (ut ajunt) oculis inspiciamus." Kopern., De Revol. orb. coel. lib. I. cap. 9. p. 7,b.

190 (S. 240.) In der Stelle des Plutarch wird Anaxagoras nicht genannt; daß dieser aber dieselbe Theorie „vom Fall beim Nachlassen des Umschwunges" auf alle (steinerne) Himmelskörper anwendet, lehren Diog. Laert. II. 12 und die vielen Stellen, welche ich oben gesammelt. Vergl. auch Aristot. De Coelo II. 1 und eine merkwürdige Stelle des Simplicius in den Scholien nach der Ausgabe der Berliner Akademie, wo des „Nichtherabfallens der himmlischen Körper" gedacht wird, „wenn der Umschwung die Oberhand habe über die eigene Fallkraft oder den Zug nach unten". An diese Ideen, welche übrigens teilweise dem Empedokles und Demokritus wie dem Anaxagoras zugehören, knüpft sich das von Simplicius angeführte Beispiel, „daß das Wasser in einer Phiole nicht ausgegossen wird beim Umschwung derselben, wenn der Umschwung schneller ist als die Bewegung des Wassers nach unten, τῆς ἐπὶ τὸ κάτω τοῦ ὕδατος φορᾶς."

191 (S. 240.) S. die Beweisstellen zu allem, was sich im Altertum auf Anziehung, Schwere und Fall der Körper bezieht, mit großem Fleiß und mit Scharfsinn gesammelt in Th. Henri Martin,

Études sur le Timée de Platon. 1841. T. II, p. 272—280 und 341.

[192] (240.) Er gab später die richtige Meinung auf, aber daß dem Centralkörper des Planetensystems, der Sonne, eine Kraft innwohne, welche die Bewegungen der Planeten beherrsche, daß diese Sonnenkraft entweder wie das Quadrat der Entfernungen oder in geradem Verhältnis abnehme, äußert schon Kepler in der 1618 vollendeten Harmonice mundi.

[193] (S. 240.) Die zerstreuten Stellen, welche sich in dem Werke des Kopernikus auf die vorhipparchischen Systeme des Weltbaues beziehen, sind außer der Zueignung folgende: lib. I. cap. 5 und 10, lib. V, cap. 1 und 3 (ed princ. 1548 p. 3,b; 7,b, 8,b, 133,b; 141,a und b; 179,a und 181,b). Ueberall zeigt Kopernikus eine Vorliebe und sehr genaue Bekanntschaft mit den Pythagoreern oder, um vorsichtiger mich auszudrücken, mit dem, was den ältesten unter ihnen zugeschrieben wurde. So kennt er z B., wie der Eingang der Zueignung beweist, den Brief des Lysis an den Hipparchus, welcher allerdings bezeugt, daß die geheimnisliebende italische Schule, „wie es anfangs auch des Kopernikus Vorsatz war", nur Freunden ihre Meinungen mitteilen wollte. Das Zeitalter des Lysis ist ziemlich unsicher; er wird bald ein unmittelbarer Schüler des Pythagoras genannt, bald und sicherer ein Lehrer des Epaminondas. Der Brief des Lysis an Hipparch, einen alten Pythagoreer, der die Geheimnisse des Bundes veröffentlicht hatte, ist, wie so viele ähnliche Schriften, in späten Zeiten geschmiedet worden. Kopernikus hat ihn wahrscheinlich aus der Sammlung des Aldus Manutius, Epistolae diversorum philosophorum (Romae 1494), oder aus einer lateinischen Uebersetzung des Kardinals Bessarion (Venet. 1516) gekannt. Auch in dem Verbot der Kopernikanischen Schrift De Revolutionibus, in dem berühmten Dekret der Congregazione dell' Indice vom 5. März 1616, wird das neue Weltsystem ausdrücklich als „falsa illa doctrina Pythagorica, Divinae scripturae omnino adversans" bezeichnet. Die wichtige Stelle über Aristarch von Samos, von welcher ich im Text geredet, steht im Arenarius pag. 449 der Pariser Ausgabe des Archimedes von 1615 von David Rivaltus. Die editio princeps aber ist die Baseler von 1544 apud Io. Hervagium. Die Stelle im Arenarius sagt sehr bestimmt: „Aristarch habe die Astronomen widerlegt, welche sich die Erde unbewegt in der Mitte des Weltbaues denken. Die Sonne bezeichne diese Mitte; sie sei unbeweglich wie die anderen Sterne, während die Erde um die Sonne kreise." In dem Werk des Kopernikus ist Aristarch zweimal, p. 69,b und 79,a ohne alle Beziehung auf sein System genannt. — Ideler fragt, ob Kopernikus die Schrift De docta ignorantia des Nikolaus von Cusa gekannt habe? Die erste Pariser Ausgabe der Werke ist allerdings von 1514, und der Ausdruck: jam nobis manifestum est terram in veritate moveri hätte aus dem Munde eines platoni-

fierenden Kardinals auf den Domherrn von Frauenburg einigen Eindruck machen sollen; aber ein Bruchstück von Cusas Hand, das durch Clemens ganz neuerlich 1843 in der Bibliothek des Hospitals zu Cues aufgefunden worden ist, beweist genugsam, sowie auch die Schrift De venatione sapientiae cap. 28, daß Cusa sich die Erde nicht um die Sonne, sondern mit dieser zugleich, aber langsamer, „um die immerfort wechselnden Pole der Welt" bewegt dachte.

[124] (S. 241.) S. die gründliche Behandlung des Gegenstandes in Martin, Études sur Timée T. II, p. 111. Die Behauptung dieses gelehrten Philologen, nach welcher das ursprüngliche System des Pythagoras selbst von dem des Philolaus verschieden ist und die Erde unbewegt in die Mitte gesetzt haben soll, scheint mir nicht ganz überzeugend. Ueber die auffallende Behauptung Gassendis von dem tychonischen Systeme des Apollonius von Perga, deren ich oben im Texte Erwähnung gethan, will ich hier mich bestimmter erklären. Es heißt in den Biographieen des Gassendi: „Magnam imprimis rationem habuit Copernicus duarum opinionum affinium, quarum unam Martiano Capellae, alteram Apollonio Pergaeo attribuit. — Apollonius Solem delegit, circa quem, ut centrum, non modo Mercurius et Venus, verum etiam Mars, Jupiter Saturnus suas obirent periodos, dum Sol interim, uti et Luna, circa Terram, ut circa centrum, quod foret etiam Affixarum mundique centrum, moverentur; quae deinceps quoque opinio Tychonis propemodum fuit. Rationem autem magnam harum opinionum Copernicus habuit, quod utraque eximie Mercurii ac Veneris circuitiones repraesentaret, eximieque causam retrogradationum, directionum, stationum in iis apparentium exprimeret: et posterior (Pergaei) eadem quoque in tribus Planetis superioribus praestaret." Mein Freund, der Astronom Galle, von dem ich Belehrung gewünscht, findet, wie ich, nichts, was Gassendis so bestimmte Behauptung rechtfertigen könnte. „In den Stellen," schreibt er, „die Sie mir in des Ptolemäus Almagest (im Eingang von Buch XII) und in dem Werke von Kopernikus lib. V, cap. 3, pag. 141.a, cap. 35, pag. 179.a und b, cap. 36, pag. 181.b bezeichnen, ist nur von der Erklärung der Rückgänge und Stillstände der Planeten die Rede, wodurch zwar auf des Apollonius Annahme von der Umdrehung der Planeten um die Sonne hingewiesen wird (sowie auch Kopernikus selbst der Annahme des Stillstandes der Erde ausdrücklich erwähnt); woher aber dieser, was er von Apollonius voraussetzt, geschöpft habe, ist nicht zu bestimmen. Es wird deshalb nur auf eine späte Autorität ein dem tychonischen gleiches System des Apollonius von Perga vermutet werden können, obgleich ich eine deutliche Darlegung dieses Systems auch bei Kopernikus nicht erwähnt noch aus älteren Stellen citiert gefunden habe. Sollte bloß lib. XII des Almagest die Quelle sein, wonach dem Apollonius die vollständige tychonische

Ansicht beigemessen wird, so ist zu glauben, daß Gassendi in seinen Voraussetzungen zu weit gegangen ist und daß es sich damit ebenso verhalte wie mit den Phasen des Merkur und der Venus, die Kopernikus (lib. I, cap. 10, pag. 7,b und 8,a) zur Sprache gebracht, ohne sie bestimmt auf sein System angewendet zu haben. Aehnlich hat vielleicht Apollonius die Erklärung der Rückgänge der Planeten unter der Annahme einer Umdrehung um die Sonne mathematisch behandelt, ohne etwas Bestimmtes und Allgemeines über die Wahrheit dieser Annahme hinzuzufügen. Der Unterschied des von Gassendi beschriebenen apollinischen Systems von dem des Tycho würde übrigens nur der sein, daß dieser auch noch die Ungleichheiten in den Bewegungen erklärt. Die Bemerkung von Robert Small, daß die Idee, welche dem tychonischen Systeme zu Grunde liegt, keineswegs fremd dem Geiste des Kopernikus gewesen sei, sondern ihm vielmehr als ein Durchgangspunkt für sein eigenes System gedient habe, scheint mir wohlbegründet."

[195] (S. 242.) Eine überaus gelungene und vollständige tabellarische Uebersicht aller astronomischen Anschauungen des Weltbaues von den frühesten Zeiten der Menschheit bis zu Newtons Gravitationssystem (Inductive Table of Astronomy) hat Whewell gegeben in der Philosophy of the inductive Sciences Vol. II, p. 282.

[196] (S. 242.) Plato ist philolaisch im Phädrus, im Timäus dagegen ganz dem System der unbewegten im Centrum ruhenden Erde, das man später hipparchisch und ptolemäisch genannt hat, zugethan. Das astronomische Traumbild, in welches der Weltbau am Ende des Buches von der Republik gehüllt ist, erinnert zugleich an das eingeschachtelte Sphärensystem der Planeten und den Einklang der Töne, „als Stimmen der mit umschwingenden Sirenen".

[197] (S. 242.) Kepler, Harmonices Mundi libri quinque, 1619. p. 189. „Am 8. März 1618 kam Kepler nach vielen vergeblichen Versuchen auf den Gedanken, die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten mit den Würfeln der mittleren Entfernungen zu vergleichen, allein er verrechnete sich und verwarf diesen Gedanken wieder. Am 15. Mai 1618 kam er auf den Gedanken zurück und rechnete richtig. Das dritte Keplersche Gesetz war nun entdeckt." Diese Entdeckung und die damit verwandten fallen gerade in die unglückliche Epoche, in welcher der von früher Kindheit an den härtesten Schlägen des Schicksals ausgesetzte Mann daran arbeitet, seine 70jährige Mutter, die der Giftmischung, Thränenlosigkeit und Zauberei angeklagt ist, in einem sechs Jahre dauernden Hexenprozesse von der Folter und dem Scheiterhaufen zu retten. Der Verdacht war dadurch verstärkt, daß ihr eigener Sohn, der bösartige Zinngießer Christoph Kepler, die Mutter anklagte, und daß diese bei einer Tante erzogen war, welche zu Weil als Hexe verbrannt wurde. S. eine überaus interessante, im Auslande wenig

bekannt gewordene und nach neu aufgefundenen Manuskripten abgefaßte Schrift des Freiherrn von Breitschwert: Johann Keplers Leben und Wirken, 1831, S. 12, 97—147 und 196. Nach derselben Schrift ward Kepler, der sich in deutschen Briefen immer Keppler unterzeichnet, nicht den 21. Dezember 1571 in der Reichsstadt Weil, wie man gewöhnlich annimmt, sondern den 27. Dezember 1571 in dem württembergischen Dorfe Magstatt geboren. Von Kopernikus ist es ungewiß, ob er am 19. Januar 1472, oder am 19. Februar 1473, wie Möstlin will, oder (nach Czynsky) den 12. Februar desselben Jahres geboren ist. Des Kolumbus Geburtsjahr schwankte lange um 19 Jahre. Ramusio setzt es in 1430; Bernaldez, der Freund des Entdeckers, in 1436; der berühmte Geschichtschreiber Muñoz in das Jahr 1446.

[198] (S. 243.) Eine bessere Einsicht in die freie Bewegung der Körper, in die Unabhängigkeit der einmal gegebenen Richtung der Erdachse von der rotatorischen und fortschreitenden Bewegung der Erdkugel in ihrer Bahn hat das ursprüngliche System des Kopernikus auch von der Annahme einer Deklinationsbewegung oder sogenannten dritten Bewegung der Erde (De Revolut. orb. coel. lib. I. cap. 11. triplex motus telluris) befreit. Der Parallelismus der Erdachse erhält sich im jährlichen Umlauf um die Sonne, nach dem Gesetz der Trägheit, ohne Anwendung eines berichtigenden Epicykels.

[199] (S. 244.) Wenn das Gesetz der Brechung der Lichtstrahlen dem Leidener Professor Willebrord Snellius (1626) gehört, der es in seinen Papieren vergraben hinterließ, so ist dagegen die Publikation des Gesetzes unter einer trigonometrischen Form zuerst durch Descartes geschehen.

[200] (S. 244.) Vergl. zwei vortreffliche Abhandlungen über die Erfindung des Fernrohrs von Prof. Moll aus Utrecht im Journal of de Royal Institution 1831, Vol. I, p. 319 und von Wilde zu Berlin in seiner Geschichte der Optik, 1838, T. I, S. 138—172. Das in holländischer Sprache abgefaßte Werk von Moll führt den Titel: Geschiedkundig Onderzoek naar de eerste Uitfinders der Vernkykers, uit de Aantekeningen van wyle den Hoogl. van Swinden zusammengesteld door G. Moll. (Amsterdam 1831.) Olbers hat einen Auszug aus dieser interessanten Schrift mitgeteilt in Schumachers Jahrbuch für 1843, S. 56—65. Die optischen Instrumente, welche Jansen dem Prinzen Moritz von Nassau und dem Erzherzog Albert lieferte (letzterer schenkte das seinige an Cornelius Drebbel), waren, wie aus dem Briefe des Gesandten Boreel erhellt, der als Kind oft in des Brillenmachers Jansen Hause gewesen war und die Instrumente später im Laden sah, Mikroskope von 18 Zoll Länge, „durch welche kleine Gegenstände, wenn man von oben hineinsah, wunderbar vergrößert wurden". Die Verwechselung der Mikroskope und Teleskope verdunkelt die Geschichte der Erfindungen

beider Werkzeuge. Der eben erwähnte Brief von Borcel (aus Paris 1655) macht es, trotz der Autorität von Tiraboschi, unwahrscheinlich, daß die erste Erfindung des zusammengesetzten Mikroskops Galilei gehöre. Vergl. über diese dunkle Geschichte optischer Erfindungen Vincenzio Antinori in den Saggi di Naturali Esperienze fatte nell' Accademia del Cimento, 1641, p. 22—26. Huygens, dessen Geburtsjahr kaum 25 Jahre nach der mutmaßlichen Erfindungsepoche des Fernrohrs fällt, wagt schon nicht mit Gewißheit über den Namen des ersten Erfinders zu entscheiden. Nach den archivarischen Forschungen von van Swinden und Moll besaß nicht nur Lippershey schon den 2. Oktober 1608 von ihm selbst angefertigte Fernröhren, sondern der französische Gesandte im Haag, Präsident Jeannin, schrieb auch schon den 28. Dezember desselben Jahres an Sully, „daß er mit dem Middelburger Brillenmacher über ein Fernrohr unterhandle, welches er dem König Heinrich IV. schicken wolle". Simon Marius (Mayer aus Gunzenhausen, der Mitentdecker der Jupitersmonde) erzählt sogar, daß seinem Freunde Fuchs von Bimbach, geheimen Rat des Markgrafen von Ansbach, bereits im Herbste 1608 in Frankfurt am Main von einem Belgier ein Fernrohr angeboten worden sei. Zu London fabrizierte man Fernröhren im Februar 1610, also ein Jahr später als Galilei das seinige zustande brachte. Man nannte sie anfangs Cylinder. Porta, der Erfinder der Camera obscura, hat, wie früher Fracastoro, der Zeitgenosse von Kolumbus, Kopernikus und Cardanus, bloß von der Möglichkeit gesprochen, durch aufeinander gelegte konvexe und konkave Gläser (duo specilla ocularia alterum alteri superposita) „alles größer und näher zu sehen"; aber die Erfindung des Fernrohrs kann man ihnen nicht zuschreiben. Brillen waren in Harlem seit dem Anfang des 14. Jahrhunderts bekannt, und eine Grabschrift in der Kirche Maria Maggiore zu Florenz nennt als Erfinder (Inventore degli occhiali) den 1317 gestorbenen Salvino degli Armati. Einzelne, wie es scheint, sichere Angaben über den Gebrauch der Brillen durch Greise hat man selbst von 1299 und 1305. Die Stellen von Roger Bacon beziehen sich auf die vergrößernde Kraft gläserner Kugelsegmente.

[201] (S. 245.) Ebenso soll der oben genannte Arzt und markgräflich ansbachische Mathematikus Simon Marius schon 1608, nach der von Fuchs von Bimbach erhaltenen Beschreibung von der Wirkung eines holländischen Fernrohrs, sich selbst eines konstruiert haben. — Ueber Galileis früheste Beobachtung der Gebirgslandschaften des Mondes, deren ich im Texte erwähnt, vergl. Nelli, Vita di Galilei Vol. I. p. 200—206; Galilei, Opere 1744, T. II, p. 60, 403 und p. 409—424. Galilei findet einige kreisrunde, von Bergen überall umgebene Landschaften im Monde, der Gestaltung von Böhmen ähnlich. „Eundem facit aspectum Lunae locus quidam, ac faceret in terris regio consimilis *Boemiae*,

si montibus altissimis, inque peripheriam perfecti circuli dispositis occluderetur undique." (T. II, p. 8.) Die Bergmessungen geschahen nach der Methode der Lichttangenten. Galilei maß, wie später noch Hevelius that, den Abstand des Berggipfels von der Erleuchtungsgrenze in dem Augenblick, wo die Berggipfel zuerst von den Sonnenstrahlen getroffen werden. Von der Länge der Bergschatten finde ich keine Beobachtung. Er fand die Erhöhungen incirca miglia quattro hoch, und viele höher als unsere Berge auf der Erde. Die Vergleichung ist sonderbar, da nach Riccioli man damals so übertriebene Meinungen von unseren Berggipfeln hatte und einer der vornehmsten, d. h. berufensten, der Pik von Teneriffa, erst 1724 mit einiger Genauigkeit trigonometrisch von Feuillée gemessen wurde. An die Existenz von vielen Seen und einer Atmosphäre des Mondes glaubte Galilei auch, wie alle Beobachter bis zum Ende des 18. Jahrhunderts.

[202] (S. 246.) Ich finde hier Veranlassung, wiederum (s. Kosmos Bd. I, S. 300) an den von Arago ausgesprochenen Grundsatz zu erinnern: „Il n'y a qu'une manière rationelle et juste d'écrire *l'histoire des sciences*, c'est de s'appuyer exclusivement sur des publications ayant date certaine; hors de là tout est confusion et obscurité." — Die so sonderbar verspätete Erscheinung des Fränkischen Kalenders oder der Praktika (1612) und des, astronomisch wichtigen Mundus Jovialis anno 1609 detectus ope perspicilli Belgici (Februar 1614) konnte allerdings zu dem Verdachte Anlaß geben, Marius habe aus dem Nuntius Sidereus des Galilei, dessen Zueignung vom März 1610 ist, oder gar aus früheren brieflichen Mitteilungen geschöpft. Auch nennt ihn Galilei, gereizt durch den noch nicht vergessenen Prozeß über den Proportionalzirkel gegen Balthasar Capra, einen Schüler des Marius, usurpatore del Sistema di Giove; ja Galilei wirft sogar dem ketzerisch-protestantischen Astronomen aus Gunzenhausen vor, daß seine frühere Beobachtung auf einer Kalenderverwechselung beruhe. „Tace il Mario di far cauto il lettore, come essendo egli separato della Chiesa nostra, ne avendo accettato l'emendatione gregoriana, il giorno 7 di gennaio del 1610 di noi cattolici (der Tag, an welchem Galilei die Satelliten entdeckte), è l'istesso, che il dì 28 di decembre del 1609 di loro eretici, e questa è tutta la precedenza delle sue finte osservationi." Nach einem Briefe, den Galilei 1614 an die Academia dei Lincei richtete, wollte derselbe seine Klage gegen Marius etwas unphilosophisch an den Marchese di Brandeburgo richten. Im ganzen blieb indes Galilei wohlwollend gesinnt für die deutschen Astronomen. „Gli ingegni singolari, che in gran numero fioriscono nell' Alemagna, mi hanno lungo tempo tenuto in desiderio di vederla": schreibt er im März 1611. Auffallend ist es mir immer gewesen, daß, wenn Kepler in einem Gespräche mit Marius scherzhaft als Taufzeuge jener mythologischen Benennungen,

Jo und Kallisto, aufgeführt wird, derselbe weder in seinem in Prag (April 1610) erschienenen Kommentar zum Nuncius Sidereus nuper ad mortales a Galilaeo missus, noch in seinen Briefen an Galilei oder an den Kaiser Rudolf (Herbst 1610) seines Landsmannes Marius Erwähnung thut, sondern überall von „der glorreichen Entdeckung der mediceischen Gestirne durch Galilei" spricht. Indem er seine eigenen Satellitenbeobachtungen vom 4. bis 9. September 1610 veröffentlicht, gibt er einer kleinen zu Frankfurt 1611 erschienenen Schrift den Titel: Kepleri Narratio de observatis a se quatuor Jovis satellitibus erronibus quos Galilaeus Mathematicus Florentinus jure inventionis Medicea Sidera nuncupavit. Ein Brief aus Prag (25. Oktober 1610), an Galilei gerichtet, endigt mit den Worten: „neminem habes, quem metuas aemulum". Durch einen Irrtum verleitet und nach einer sehr unsorgfältigen Durchsicht aller zu Petworth, dem Landsitze von Lord Egremont, aufbewahrten kostbaren Handschriften, hat Baron von Zach behauptet, daß der ausgezeichnete Astronom und virginische Reisende Thomas Harriot gleichzeitig mit Galilei und vielleicht selbst früher die Jupiterstrabanten entdeckt habe. Eine sorgfältigere von Rigaud angestellte Untersuchung von Harriots Manuskripten hat gelehrt, daß seine Beobachtungen nicht am 15. Januar, sondern erst am 17. Oktober 1610 anfangen, 9 Monate nach Galilei und Marius. Die frühesten Originalbeobachtungen der Jupiterstrabanten, die Galilei und sein Schüler Renieri angestellt haben, sind erst vor zwei Jahren aufgefunden worden.

[203] (S. 246.) Es sollte heißen 73 Jahre; denn das Verbot des kopernikanischen Systems durch die Kongregation des Index war vom 5. März 1616.

[204] (S. 247.) Schon 1612, also kaum zwei Jahre nach der Entdeckung der Jupiterstrabanten, rühmte sich Galilei, wohl etwas voreilig, die Tafeln dieser Nebenplaneten „mit der Sicherheit einer Zeitminute" vollendet zu haben. Eine lange diplomatische Korrespondenz begann, ohne zum Ziel zu führen, mit dem spanischen Gesandten 1616, mit dem holländischen 1636. Die Fernröhren sollten 40- bis 50malige Vergrößerung haben. Um die Satelliten auf dem schwankenden Schiffe leichter zu finden und besser (wie er wähnte) im Felde zu behalten, erfand er 1617 das Binokulartelestop, das gewöhnlich dem in optischen Dingen sehr erfahrenen und nach Fernröhren von 4000maliger Vergrößerung strebenden Kapuziner Schyrleus de Rheita zugeschrieben wird. Galilei machte Versuche mit seinem binoculo (auch von ihm occhiale oder testiera genannt) im Hafen von Livorno bei heftigem, das Schiff stark bewegendem Winde. Auch ließ er im Arsenal zu Pisa an einer Vorrichtung arbeiten, in welcher der Beobachter der Trabanten dadurch „vor allen Schwankungen" geschützt werden sollte, daß er in einer Art Kahn säße, der in einem anderen, mit

Wasser oder Oel gefüllten Kahne frei schwämme. Sehr merkwürdig ist der Beweis der Vorzüge, welche Galilei seiner Methode im Seedienste vor der Methode der Monddistanzen von Morin zuschreibt.

[205] (S. 248.) Dem Jesuiten Scheiner, der von Graz nach Rom berufen wurde, hat man schuld gegeben, daß er, um sich wegen des litterarischen Streites über die Entdeckung der Sonnenflecken an Galilei zu rächen, dem Papst Urban VIII. durch einen anderen Jesuiten, Grassi, habe einflüstern lassen, er, der Papst, sei in den berühmten Dialoghi delle Scienze Nuove in der Person des albern unwissenden Simplicio aufgeführt.

[206] (S. 249.) In Galileis Briefe an den Prinzipe Cesi (25. Mai 1612) ist dieselbe Meinung ausgedrückt.

[207] (S. 249.) S. geistreiche Betrachtungen Aragos über diesen Gegenstand in Annuaire pour l'an 1842, p. 481—488. (Der Versuche mit dem Drummondschen auf die Sonnenscheibe projizierten Lichte erwähnt Sir John Herschel in der Astron. § 334.)

[208] (S 251.) Laplace sagt von Keplers Theorie der Ausmessung der Fässer, „welche wie die Sandrechnung des Archimedes über einen geringen Gegenstand erhabene Ideen entwickelt": „Kepler présente dans cet ouvrage des vues sur l'infini qui ont influé sur la révolution que la Géometrie a éprouvée à la fin du 17me siècle; et Fermat, que l'on doit regarder comme le véritable inventeur du calcul différentiel, a fondé sur elles sa belle méthode *de maximis et minimis*." Ueber den geometrischen Scharfsinn, welchen Kepler in den fünf Büchern seiner Weltharmonie offenbart, s. Chasles, Aperçu hist. des Méthodes en Géometrie, 1837, p. 482—487.

[209] (S. 251.) Sir David Brewster sagt sehr schön in dem Account of Kepler's Method of investigating Truth: „The influence of imagination as an instrument of research has been much overlooked by those who have ventured to give laws to philosophy. This faculty is of greatest value in physical inquiries. If we use it as a guide and confide in its indications, it will infallibly deceive us; but if we employ it as an auxiliary, it will afford us the most invaluable aid."

[210] (S. 251.) Apelt sagt: „Das merkwürdige Gesetz der Abstände, das gewöhnlich den Namen von Bode (oder von Titius) führt, ist die Entdeckung Keplers, der es zuerst durch vieljährigen anhaltenden Fleiß aus den Beobachtungen des Tycho de Brahe herausrechnete." Die Stellen des Plato, des Plinius, des Censorinus und des Achilles Tatius in den Prolegomenen zum Aratus sind sorgfältig gesammelt in Fries, Geschichte der Philo-

sophie Bd. I. 1837, S. 146—150; in Martin, Études sur le Timée T. II, p. 38; in Brandis, Geschichte der griechisch-römischen Philosophie T. II, Abt. 1, 1844, S. 364.

[211] (S. 253.) Noch im 17. Jahrhundert wurden als veränderlich erkannt, außer Mira Ceti (Holwarda 1638): α Hydrae (Montanari 1672), β Persei oder Algol, und γ Cygni (Kirch 1686). — Ueber das, was Galilei Nebelflecke nennt, s. dessen Opere T. II, p. 15 und Nelli, Vita Vol II, p. 208. Huygens bezeichnet im Systema Saturninum den Nebel im Schwert des Orion auf das deutlichste, indem er im allgemeinen von dem Nebelflecke sagt: „Cui certe simile aliud nusquam apud reliquas fixas potui animadvertere. Nam ceterae nebulosae *olim existimatae* atque ipsa via lactea, perspicillis inspectae, *nullas nebulas* habere comperiuntur, *neque aliud esse* quam plurium stellarum congeries et frequentia.“ Es geht aus dieser Stelle hervor, daß der von Marius zuerst beschriebene Nebel in der Andromeda von Huygens (wie früher von Galilei) nicht aufmerksam betrachtet worden war.

[212] (S. 255.) Ueber das von Brewster aufgefundene wichtige Gesetz des Zusammenhanges zwischen dem Winkel der vollständigen Polarisation und dem Brechungsvermögen der Körper, siehe Philosophical Transactions of the Royal Society of the yar 1815, p. 125— 159.

[213] (S. 256.) Für die Erfindung des method of fluxions, nach der offiziellen Erklärung des Komitees der königl. Sozietät zu London vom 24. April 1712 „one and the same with de differential method, excepting the name and mode of notation“, wird das Jahr 1665 angenommen. Ueber den ganzen unheimlichen Prioritätsstreit mit Leibniz, welchem (wundersam genug!) sogar Anschuldigungen gegen Newtons Rechtgläubigkeit eingemischt waren, s. Brewster, p. 189—218. Daß in dem weißen Lichte alle Farben enthalten sind, behaupteten schon de la Chambre in seinem Werke La Lumière (Paris 1657), und Isaak Vossius, welcher später Kanonikus in Windsor wurde, in einer merkwürdigen Schrift, deren Mitteilung ich vor zwei Jahren in Paris Herrn Arago verdankte, De Lucis natura et proprietate (Amstelod. 1662). Von dieser Schrift handeln Brandes in der neuen Bearbeitung von Gehlers physikalischem Wörterbuch Bd. IV (1827), und sehr umständlich Wilde in seiner Geschichte der Optik T. I (1838), S. 223, 228 und 317. Als Grundstoff aller Farbe betrachtet aber Isaak Vossius den Schwefel, welcher nach ihm allen Körpern beigemischt ist. — In Vossii responsum ad objecta Joh. de Bruyn, Professoris Trajectini, et Petri Petiti 1663 heißt es: „Nec lumen ullum est absque calore, nec calor ullus absque lumine. Lux, sonus, anima(!), odor, vis magnetica, quamvis incorporea, sunt tamen aliquid.“

[214] (S. 256.) Um so ungerechter gegen Gilbert war Bacon von Verulam, dessen allgemeine, im ganzen freie und methodische Ansichten von einem, leider! selbst für seine Zeit recht geringen Wissen in Mathematik und Physik begleitet waren. „Bacon showed his inferior aptitude for physical research in rejecting the Copernican doctrine, which William Gilbert adopted."

[215] (S. 257.) Die ersten Beobachtungen derart waren (1590) an dem Turm der Augustinerkirche zu Mantua angestellt. Grimaldi und Gassendi kannten ähnliche Beispiele, immer in geographischen Breitegraden, wo die Inklination der Magnetnadel sehr beträchtlich ist. — Ueber die ersten Messungen der magnetischen Intensität durch die Oszillation einer Nadel vergleiche meine Relat. hist. T. I. p. 260—264.

[216] (S. 259.) Ueber die ältesten Thermometer s. Nelli, Vita e Commercio letterario di Galilei (Losanna 1793) Vol. I, p. 68—94; Opere di Galilei (Padova 1744) T. I, p. LV; Libri, Histoire des Sciences mathematiques en Italie T. IV (1841), p. 185—197. Als Zeugnisse für die ersten vergleichenden Temperaturbeobachtungen können gelten die Briefe von Gianfrancesco Sagredo und Benedetto Castelli von 1613, 1616 und 1633 in Venturi, Memorie et Lettere inedite de Galilei P. I, 1818, p. 20.

[217] (S. 260.) S. über Bestimmung der Skale des Thermometers der Accademia del Cimento und über die, 16 Jahre lang, von einem Schüler des Galilei, dem Pater Raineri, fortgesetzten meteorologischen Beobachtungen Libri in den Annales de Chemie et de Physique T. XLV, 1830, p. 354, und eine später ähnliche Arbeit von Schouw in seinem Tableau du Climat et de la Végétation de l'Italie, 1839, p. 99—106.

[218] (S. 261.) Hooke nahm aber, leider! wie Galilei, eine Geschwindigkeitsverschiedenheit zwischen der Rotation der Erde und der Atmosphäre an.

[219] (S. 261.) Wenn auch gleich in Galileis Ansicht über die Ursache der Passate von einem Zurückbleiben der Luftteile die Rede ist, so darf sie doch nicht, wie neuerdings geschehen, mit der Ansicht von Hooke und Hadley verwechselt werden. „Dicevamo pur ora," läßt Galilei im Dialogo quarto den Salviati sagen, „che l'aria, come corpo tenue, e fluido, e non saldamente congiunto alla terra, pareva, che non avesse necessità d'obbedire al suo moto, se non in quanto l'asprezza della superficie terrestre ne rapisce, e seco porta una parte a se contigua, che di non molto intervallo sopravanza le maggiori altezze delle montagne; la qual porzion d'aria tanto meno dovrà esser renitente alla conversion terrestre, quanto che ella è ripiena di vapori, fumi, ed esalazioni, materie tutte participanti delle qualità terrene; e per consequenza attenate per lor natura(?)

a de medesimi movimenti. Ma dove mancassero le cause del moto, cioè dove la superficie del globo avesse grandi spazii piani, e meno vi fusse della mistione de vapori terreni, quivi cesserebbe in parte la causa, per la quale l'aria ambiente dovesse totalmente obbedire al rapimento della conversion terrestre: si che in tali luoghi, mentre che la terra si volge verso Oriente, si dovrebbe sentir continuamente un vento, che ci ferisse, spirando da Levante verso Ponente: e tale spiramento dovrebbe farsi più sensibile, dove la vertigine del globo fusse più veloce: il che sarebbe ne i luoghi più remoti da i Poli, e vicini al cerchio massimo della diurna conversione. L'esperienza applaude molto a questo filosofico discorso, poichè ne gli ampi mari sottoposti alla Zona torrida, dove anco l'evaporazioni terrestri mancano(?), si sente una perpetua aura muovere da Oriente . . ."

[220] (S. 262.) Sturm hat das Differentialthermometer beschrieben in dem kleinen Werke: Collegium experimentale curiosum (Nürnberg 1676, p. 49). Ueber das Baconische Gesetz der Winddrehung, das Dove erst auf beide Zonen ausgedehnt und in seinem inneren Zusammenhange mit den Ursachen aller Luftströmungen erkannt hat, s. die ausführliche Abhandlung von Muncke in der neuen Bearbeitung von Gehlers physikal. Wörterbuch Bd. X, S. 2003—2019 und 2030—2035.

[221] (S. 263.) Schon in der Interpretation der gebrauchten Nomenklatur heißt es: Electrica quae attrahit eadem ratione ut electrum; versorium non magneticum ex quovis metallo, inserviens electricis experimentis. Im Text selbst findet man: magnetice ut ita dicam, vel electrice attrahere (vim illam electricam nobis placet appellare . . .) (p. 52); effluvia electrica, attractiones electricae. Der abstrakte Ausdruck electricitas findet sich nicht, so wenig als das barbarische Wort magnetismus des 18. Jahrhunderts. Ueber die schon im Timäus des Plato p. 80 c angedeutete Ableitung von ἤλεκτρον, „dem Zieher und Zugsteine", von ἕλξις und ἕλκειν, und den wahrscheinlichen Uebergang durch ein härteres ἔλκτρον s. Buttmann, Mythologus Bd. II (1829), S. 357. Unter den von Gilbert aufgestellten theoretischen Sätzen (die nicht immer mit gleicher Klarheit ausgedrückt sind), wähle ich aus: Cum duo sint corporum genera, quae manifestis sensibus nostris motionibus corpora allicere videntur, Electrica et Magnetica: Electrica naturalibus ab humore effluviis; Magnetica formalibus efficientiis, seu potius primariis vigoribus, incitationes faciunt. — Facile est hominibus ingenio, acutis, absque experimentis, et usu rerum labi, et errare. Substantiae proprietates aut familiaritates sunt generales nimis, nec tamen verae designatae causae, atque, ut ita dicam, verba quaedam sonant, re ipsâ nihil in specie ostendunt. Neque ista succini credita attractio, a singulari aliquâ proprie-

tate substantiae, aut familiaritate assurgit: cum in pluribus aliis corporibus eundem effectum, majori industria invenimus, et omnia etiam corpora, cujusmodicunque proprietatis, ab omnibus illis alliciuntur." Gilberts vorzüglichere Arbeiten scheinen zwischen 1590 und 1600 zu fallen. Whewell weist ihm mit Recht eine wichtige Stelle unter denen an, die er „practical Reformers der positiven Wissenschaften" nennt. Gilbert war Leibarzt der Königin Elisabeth und Jakobs I., und starb schon 1603. Nach seinem Tode erschien ein zweites Werk: De Mundo nostro Sublunari Philosophia nova.

[222] (S. 266.) Rey spricht eigentlich nur von dem Zutritt der Luft an die Oxyde; er erkennt nicht, daß die Oxyde selbst (die man damals vererdete Metalle nannte), eine bloße Verbindung von Metall und Luft sind. Die Luft macht nach ihm „den Metallkalk schwerer; wie Sand an Gewicht zunimmt, wenn sich Wasser daran hängt. Der Metallkalk ist dabei einer Sättigung mit Luft fähig. L'air espaissi s'attache à la chaux, ainsi le poids augmente du commencement jusqu'à la fin: mais quand tout en est affublé, elle n'en sçauroit prendre d'avantage. Ne continuez plus vostre calcination soubs cet espoir, vous perdriez vostre peine." Reys Wert enthält demnach die erste Annäherung zu der besseren Erklärung einer Erscheinung, deren vollkommenes Verständnis später auf das ganze System der Chemie reformierend eingewirkt hat.

[223] (S. 267.) Priestleys letzte Klage über das, „was Lavoisier sich soll zugeeignet haben", erschallt in seiner kleinen Schrift: The doctrine of Phlogiston established (1800) p. 43.

[224] (S. 269.) Vergl. Joh. Müller, Bericht über die von Herrn Koch in Alabama gesammelten fossilen Knochenreste seines Hydrarchus (des Basilosaurus von Harlan 1835, des Zeuglodon von Owen 1839, des Squalodon von Grateloup 1840, des Dorudon von Gibbes 1845), gelesen in der Königl. Akad. der Wissensch. zu Berlin April bis Juni 1847. Diese kostbaren im Staat Alabama (Washington-County und unfern Clarksville) gesammelten Reste des vorweltlichen Tieres sind durch die Munifizenz unseres Königs seit 1847 Eigentum des zoologischen Museums zu Berlin. Außer Alabama und Süd-Carolina wurden Teile des Hydrarchus in Europa zu Leognan bei Bordeaux, unweit Linz an der Donau und 1670 auf Malta entdeckt.

[225] (S. 269.) Leibnizens geschichtliche Aufsätze und Gedichte, herausgegeben von Pertz 1847 (in den gesammelten Werken: Geschichte Bd. IV). Ueber den ersten Entwurf der Protogaea von 1691 und die nachmaligen Umarbeitungen s. Telkampf, Jahresbericht der Bürgerschule zu Hannover 1847, S. 1—32.

[226] (S. 271.) Den Prioritätsstreit über die Abplattung in

Hinsicht auf eine von Huygens in der Pariser Akademie 1669 vorgelesene Abhandlung hat zuerst Delambre aufgeklärt in seiner Hist. de l'Astr. mod. T. I, p. LII und T. II, p. 558. Richers Rückkunft nach Europa fiel allerdings schon in das Jahr 1673, aber sein Werk wurde erst 1679 gedruckt; und da Huygens Paris 1682 verließ, so hat er das Additamentum zu der sehr verspätet publizierten Abhandlung von 1669 erst dann geschrieben, als er schon die Resultate von Richers Pendelversuchen und von Newtons großem Werke: Philosophiae Naturalis Principia mathematica vor Augen hatte.

Inhalts-Ueberſicht

des II. Bandes des Kosmos.

Allgemeine Ueberſicht des Inhalts.

A. Anregungsmittel zum Naturſtudium.

Reflex der Außenwelt auf die Einbildungskraft S. 3—74.

I. Dichteriſche Naturbeſchreibung. Naturgefühl nach Verſchiedenheit der Zeiten und der Völkerſtämme S. 6—54.

II. Landſchaftmalerei. Graphiſche Darſtellung der Phyſiognomik der Gewächſe S. 55—67.

III. Kultur exotiſcher Gewächſe. Kontraſtierende Zuſammenſtellung von Pflanzengeſtalten S. 68—74.

B. Geſchichte der phyſiſchen Weltanſchauung.

Hauptmomente der allmählichen Entwickelung und Erweiterung des Begriffs vom Kosmos, als einem Naturganzen S. 93—277.

I. Das Mittelmeer als Ausgangspunkt der Verſuche ferner Schiffahrt gegen Nordoſt (Argonauten), gegen Süden (Ophir), gegen Weſten (Phönizier und Coläus von Samos). Anreihung dieſer Darſtellung an die früheſte Kultur der Völker, die das Becken des Mittelmeeres umwohnten S. 105—126.

II. Feldzüge der Macedonier unter Alexander dem Großen. Verſchmelzung des Oſtens mit dem Weſten. Das Griechentum befördert die Völkervermiſchung vom Nil bis zum Euphrat, dem Jaxartes und Indus. Plötzliche Erweiterung der Weltanſicht durch eigene Beobachtung wie durch den Verkehr mit altkultivierten, gewerbetreibenden Volkern S. 127—138.

III. Zunahme der Weltanschauung unter den Lagiden. Museum im Serapeum. Encyklopädische Gelehrsamkeit. Verallgemeinerung der Naturansichten in den Erd- und Himmelsräumen. Vermehrter Seehandel nach Süden S. 139—146.

IV. Römische Weltherrschaft. Einfluß eines großen Staatsverbandes auf die kosmischen Ansichten, Fortschritte der Erdkunde durch Landhandel. Die Entstehung des Christentums erzeugt und begünstigt das Gefühl von der Einheit des Menschengeschlechts S. 147—163.

V. Einbruch des arabischen Volksstammes. Geistige Bildsamkeit dieses Teiles der semitischen Völker. Hang zum Verkehr mit der Natur und ihren Kräften. Arzneimittellehre und Chemie. Erweiterung der physischen Erkunde, der Astronomie und der mathematischen Wissenschaften im allgemeinen S. 164—183.

VI. Zeit der großen ozeanischen Entdeckungen. Eröffnung der westlichen Hemisphäre. Amerika und das Stille Meer. Die Skandinavier, Kolumbus, Cabot und Gama; Cabrillo, Mendaña und Quiros. Die reichste Fülle des Materials zur Begründung der physischen Erdbeschreibung wird den westlichen Völkern Europas dargeboten S. 184—234.

VII. Zeit der großen Entdeckungen in den Himmelsräumen durch Anwendung des Fernrohrs. Hauptepoche der Sternkunde und Mathematik von Galilei und Kepler bis Newton und Leibniz S. 235—272.

VIII. Vielseitigkeit und innigere Verkettung der wissenschaftlichen Bestrebungen in der neuesten Zeit. Die Geschichte der physischen Wissenschaften schmilzt allmählich mit der Geschichte des Kosmos zusammen S. 273—277.

Spezielle Uebersicht des Inhalts.

A. Anregungsmittel zum Naturstudium.

I. Dichterische Naturbeschreibung. Die Hauptresultate der Beobachtung, wie sie der reinen Objektivität wissenschaftlicher Naturbeschreibung angehören, sind in dem Naturgemälde aufgestellt worden; jetzt betrachten wir den Reflex des durch die äußeren Sinne empfangenen Bildes auf das Gefühl und die dichterisch gestimmte Einbildungskraft. — Sinnesart der Griechen und Römer. Ueber den Vorwurf, als wäre in beiden das Naturgefühl minder lebhaft gewesen. Nur die Aeußerungen des Naturgefühls sind seltener, weil in den großen Formen der lyrischen und epischen Dichtung das Naturbeschreibende bloß als Beiwerk auftritt und in der alten hellenischen Kunstbildung sich alles gleichsam im Kreise der Menschheit bewegt. — Frühlingspsalme, Homer, Hesiodus. Tragiker; Fragment aus einem verlorenen Werke des Aristoteles. Bukolische

Dichtung, Nonnus, Anthologie. Eigentümlichkeit der griechischen Landschaft S. 6–10 und Anm. S. 75–76. — Römer: Lucretius, Virgil, Ovidius, Lucanus, Lucilius Junior. Spätere Zeit, wo das poetische Element nur als zufälliger Schmuck des Gedankens erscheint; Moselgedicht des Ausonius. Römische Prosaiker: Cicero in seinen Briefen, Tacitus, Plinius. Beschreibung römischer Villen. S. 10–19 und Anm. S. 76–78. Veränderungen der Sinnesart und der Darstellung der Gefühle, welche die Verbreitung des Christentums und das Einsiedlerleben hervorbringen. Minucius Felix im Octavius. Stellen aus den Kirchenvätern; Basilius der Große in der Wildnis am armenischen Flusse Iris, Gregorius von Nyssa, Chrysostomus. Sentimental-schwermütige Stimmung S. 19—23 und Anm. S. 78 bis 79. Einfluß der Rassenverschiedenheit, welche sich in der Färbung der Naturschilderungen offenbart bei Hellenen, italischen Stämmen, Germanen des Nordens, semitischen Völkern, Persern und Indern. Die überreiche poetische Litteratur der drei letzten Rassen lehrt, daß einer langen winterlichen Entbehrung des Naturgenusses wohl nicht allein die Lebendigkeit des Naturgefühls bei den nordischen germanischen Stämmen zuzuschreiben ist. — Ritterliche Poesie der Minnesänger und deutsches Tierepos nach Jakob und Wilhelm Grimm. Keltisch irische Naturdichtungen S. 23—28 und Anm. S. 79. — Ost- und west-arische Völker (Inder und Perser). Ramayana und Mahabharata, Sakuntala und Kalidasas Wolkenbote. Persische Litteratur im iranischen Hochlande, nicht über die Zeit der Sassaniden hinaufsteigend S. 29—32 und Anm. S. 80—83. (Ein Fragment von Theodor Goldstücker.) — Finnisches Epos und Lieder, aus dem Munde der Karelier gesammelt von Elias Lönnrot S. 32. — Aramäische Nationen; Naturpoesie der Hebräer, in der sich der Monotheismus spiegelt S. 32–35 und Anm. S. 83. — Alte arabische Litteratur; Schilderung des beduinischen Wüstenlebens in Antar, Naturbeschreibung des Amruil Kais S. 35—37 und Anm. S. 83. — Nach dem Hinschwinden aramäischer, griechischer und römischer Herrlichkeit erscheint Dante Alighieri, dessen poetische Schöpfung von Zeit zu Zeit das tiefste Gefühl des irdischen Naturlebens atmet. Petrarca; Bojardo und Vittoria Colonna. Aetna dialogus und malerische Schilderung des üppigen Pflanzenlebens der Neuen Welt in den Historiae Venetae des Bembo. Christoph Kolumbus S. 37—42 und Anm. S. 84—85. — Die Lusiaden des Camoens S. 42–44 und Anm. S. 85–86. — Spanische Poesie; die Araucana des Don Alonso de Ercilla, Fray Luis de Leon, und Calderon nach Ludwig Tieck. — Shakespeare, Milton, Thomson S. 44–46 und Anm. S. 86–87. — Französische Prosaiker: Rousseau, Buffon, Bernardin de St. Pierre und Chateaubriand S. 46 bis 49 und Anm. S. 87. — Rückblick auf die Darstellung der älteren Reisenden des Mittelalters: John Mandeville, Hans Schiltberger und Bernhard von Breitenbach; Kontrast mit den neueren Reisenden. Cooks Begleiter Georg Forster S. 49—52 und Anm. S. 87. —

Der gerechte Tadel der „beschreibenden Poesie" als eigener, für sich bestehender Form der Dichtung trifft nicht das Bestreben, ein Bild der durchwanderten Zonen aufzustellen, die Resultate unmittelbarer Naturanschauung durch die Sprache, d. h. durch die Kraft des bezeichnenden Wortes zu versinnlichen. Alle Teile des weiten Schöpfungskreises vom Aequator bis zu der kalten Zone können sich einer begeisternden Kraft auf das Gemüt erfreuen S. 52—54.

II. Landschaftmalerei in ihrem Einfluß auf die Belebung des Naturstudiums. — In dem klassischen Altertum war nach der besonderen Geistesrichtung der Völker die Landschaftmalerei ebensowenig als die dichterische Schilderung einer Gegend ein für sich bestehendes Objekt der Kunst. Der ältere Philostrat. Szenographie. Ludius. — Spuren der Landschaftmalerei bei den Indern in der glänzenden Epoche des Vikramaditya. — Herculanum und Pompeji. — Christliche Malerei von Konstantin dem Großen bis zum Anfang des Mittelalters. Miniaturen der Manuskripte S. 55—58 und Anm. S. 87—89. — Ausbildung des Landschaftlichen in den historischen Bildern der Gebrüder van Eyck. Das 17. Jahrhundert als die glänzende Epoche der Landschaftmalerei (Claude Lorrain, Ruysdael, Gaspard und Nikolaus Poussin, Everdingen, Hobbema und Cupp). — Späteres Streben nach Naturwahrheit der Vegetationsformen. Darstellung der Tropenvegetation. Franz Post, Begleiter des Prinzen Moritz von Nassau. Eckhout. Bedürfnis physiognomischer Naturdarstellung. — Eine große, kaum vollbrachte Weltbegebenheit: die Unabhängigkeit und Gründung gesetzlicher Freiheit im spanischen und portugiesischen Amerika (wo in der Andeskette zwischen den Wendekreisen volkreiche Städte bis zu 13 000 Fuß Höhe über der Meeresfläche liegen); die zunehmende Kultur von Indien, Neuholland, der Sandwichinseln und Südafrikas werden einst nicht bloß der Meteorologie und beschreibenden Naturkunde, sondern auch der Landschaftmalerei, dem graphischen Ausdruck der Naturphysiognomie einen neuen Schwung und großartigen Charakter geben. — Wichtigkeit der Benutzung Parkerscher Rundgemälde. — Der Begriff eines Naturganzen, das Gefühl der harmonischen Einheit im Kosmos wird um so lebendiger unter den Menschen werden, als sich die Mittel vervielfältigen, die Gesamtheit der Naturerscheinungen zu anschaulichen Bildern zu gestalten S. 58—67 und Anm. S. 89—91.

III. Kultur exotischer Gewächse; Eindruck der Physiognomik der Gewächse, soweit Pflanzungen diesen Eindruck hervorbringen können. — Landschaftgärtnerei. Früheste Parkanlagen im mittleren und südlichen Asien, heilige Bäume und Haine der Götter S. 68—71 und Anm. S. 91—92. — Gartenanlagen ostasiatischer Völker. Chinesische Gärten unter der siegreichen Dynastie der Han. Gartengedicht eines chinesischen Staatsmannes, See-ma-kuang, aus dem Ende des 11. Jahrhunderts. Vorschriften des Lieu-tscheu. Naturbeschreibendes Gedicht des Kaisers Kien-long.

Einfluß des Zusammenhanges buddhistischer Mönchsanstalten auf die Verbreitung schöner, charakteristischer Pflanzenformen. S. 71—74 und Anm. S. 92.

B. Geschichte der physischen Weltanschauung.

Einleitung. Die Geschichte der Erkenntnis des Weltganzen ist von der Geschichte der Naturwissenschaften, wie sie unsere Lehrbücher der Physik und der Morphologie der Pflanzen und Tiere liefern, ganz verschieden. Sie ist gleichsam die Geschichte des Gedankens von der Einheit in den Erscheinungen und von dem Zusammenwirken der Kräfte im Weltall. — Behandlungsweise der Geschichte des Kosmos: a) selbständiges Streben der Vernunft nach Naturgesetzen; b) Weltbegebenheiten, welche plötzlich den Horizont der Beobachtung erweitert haben; c) Erfindung neuer Mittel sinnlicher Wahrnehmung. — Sprachen. Verbreitungsstrahlen der Kultur. Sogenannte Urphysik und durch Kultur verdunkelte Naturweisheit wilder Völker S. 93—104 und Anm. S. 278—280.

Hauptmomente einer Geschichte der physischen Weltanschauung.

I. Das Becken des Mittelmeers als Ausgang der Versuche, die Idee des Kosmos zu erweitern. — Unterabteilungen der Gestaltung des Beckens. Wichtigkeit der Bildung des Arabischen Meerbusens. Kreuzung zweier geognostischen Hebungssysteme NO—SW und SSO—NNW. Wichtigkeit der letzteren Spaltungsrichtung für den Weltverkehr. — Alte Kultur der das Mittelmeer umwohnenden Völker. — Nilthal, altes und neues Reich der Aegypter. — Phönizier, ein vermittelnder Stamm, verbreiten Buchstabenschrift (phönizische Zeichen), Münze als Tauschmittel und das ursprünglich babylonische Maß und Gewicht. Zahlenlehre, Rechenkunst. Nachtschiffahrt. Westafrikanische Kolonieen S. 105—115 und Anm. S. 280—286. — Hiram-Salomonische Expeditionen nach den Goldländern Ophir und Supara S. 115—117 und Anm. S. 286—288. — Pelasgische Tyrrhener und Tusker (Rasener). Eigentümliche Neigung des tuskischen Stammes zu einem innigen Verkehr mit den Naturkräften; Fulguratoren und Aquilegen S. 117—118 und Anm. S. 288—289. — Andere sehr alte Kulturvölker, die das Mittelmeer umwohnen. Spuren der Bildung im Osten unter Phrygiern und Lykiern, im Westen unter Turdulern und Turdetanern. — Anfänge der hellenischen Macht. Vorderasien, die große Heerstraße von Osten her einwandernder Völker; die ägäische Inselwelt das vermittelnde Glied zwischen dem Griechentum und dem fernen Orient. Ueber den 48. Breitengrad hinaus sind Europa und Asien durch flache Steppenländer wie ineinander verflossen; auch betrachten Pherecydes von Syros und Herodot das

ganze nördliche skythische Asien als zum sarmatischen Europa gehörig. — Seemacht, dorisches und ionisches Leben in die Pflanzstädte übergetragen. — Vordringen gegen Osten nach dem Pontus und Kolchis, erste Kenntnis der westlichen Gestade des Kaspischen Meeres, nach Hekatäus mit dem kreisenden Oestlichen Weltmeer verwechselt. Tauschhandel durch die Kette skythisch-skolotischer Stämme mit den Argippäern, Issedonen und goldreichen Arimaspen. Meteorologischer Mythus der Hyperboreer — Gegen Westen Oeffnung der Gadeirischen Pforte, die lange den Hellenen verschlossen war. Schifffahrt des Coläus von Samos. Blick in das Unbegrenzte, unausgesetztes Streben nach dem Jenseitigen; genaue Kenntnis eines großen Naturphänomens, des periodischen Anschwellens des Meeres S. 118—126 und Anm. S. 289—291.

II. Feldzüge der Macedonier unter Alexander dem Großen und langer Einfluß des Baktrischen Reichs. — In keiner anderen Zeitepoche (die, achtzehn und ein halbes Jahrhundert später erfolgte Begebenheit der Entdeckung und Aufschließung des tropischen Amerikas ausgenommen) ist auf einmal einem Teile des Menschengeschlechtes eine reichere Fülle neuer Naturansichten, ein größeres Material zur Begründung des kosmischen Wissens und des vergleichenden ethnologischen Studiums dargeboten worden. — Die Benutzung dieses Materials, die geistige Verarbeitung des Stoffes wird erleichtert und in ihrem Werte erhöht durch die vorbereitende Richtung, welche der Stagirite dem empirischen Forschen der philosophischen Spekulation und einer alles scharf umgrenzenden wissenschaftlichen Sprache gegeben hatte. — Die macedonische Expedition war im eigensten Sinne des Wortes eine wissenschaftliche Expedition. Kallisthenes von Olynth, Schüler des Aristoteles und Freund des Theophrast. — Mit der Kenntnis der Erde und ihrer Erzeugnisse wurde durch die Bekanntschaft mit Babylon und mit den Beobachtungen der schon aufgelösten chaldäischen Priesterkaste auch die Kenntnis des Himmels ansehnlich vermehrt S. 127 bis 138 und Anm. S. 291—295.

III. Zunahme der Weltanschauung unter den Ptolemäern. — Das griechische Aegypten hatte den Vorzug politischer Einheit; und seine geographische Weltstellung, der Einbruch des Arabischen Meerbusens brachte den gewinnreichen Verkehr auf dem Indischen Ozean dem Verkehr an den südöstlichen Küsten des Mittelmeers um wenige Meilen nahe. — Das Seleucidenreich genoß nicht die Vorteile des Seehandels, war oft erschüttert durch die verschiedenartige Nationalität der Satrapien. Lebhafter Handel auf Strömen und Karawanenstraßen mit den Hochebenen der Serer nördlich von Uttara-Kuru und dem Orusthale. — Kenntnis der Monsunwinde. Wiedereröffnung des Kanals zur Verbindung des Roten Meeres mit dem Nil oberhalb Bubastus; Geschichte dieser Wasserstraße. — Wissenschaftliche Institute unter dem Schutz der Lagiden; alexandrinisches Museum und zwei Büchersammlungen, im Bruchium und in Rhakotis.

Eigentümliche Richtung der Studien. Neben dem stoffanhäufenden Sammelfleiße offenbart sich eine glückliche Verallgemeinerung der Ansichten. — Eratosthenes von Cyrene. Erster hellenischer Versuch einer Gradmessung zwischen Syene und Alexandrien auf unvollkommene Angaben der Bematisten gegründet. Gleichzeitige Fortschritte des Wissens in reiner Mathematik, Mechanik und Astronomie. Aristyllus und Timocharis. Ansichten des Weltgebäudes von dem Samier Aristarch und Seleucus dem Babylonier oder aus Erythrä. Hipparch der Schöpfer der wissenschaftlichen Astronomie und der größte selbstbeobachtende Astronom des ganzen Altertums. Euklides, Apollonius von Perga und Archimedes S. 139—146 und Anm. S. 295—298.

IV. Einfluß der römischen Weltherrschaft, eines großen Staatsverbandes auf die Erweiterung der kosmischen Ansichten. — Bei der Mannigfaltigkeit der Bodengestaltung und Verschiedenartigkeit der organischen Erzeugnisse, bei den fernen Expeditionen nach den Bernsteinküsten und unter Aelius Gallus nach Arabien, bei dem Genusse eines langen Friedens hätte die Monarchie der Cäsaren in fast vier Jahrhunderten das Naturwissen lebhafter fördern können; aber mit dem römischen Nationalgeiste erlosch die volkstümliche Beweglichkeit der einzelnen, es verschwanden Oeffentlichkeit und Bewahrung der Individualität, die zwei Hauptstützen freier, das Geistige belebender Verfassungen. — In dieser langen Periode erhoben sich als Beobachter der Natur nur Dioskorides der Cilicier und Galenus von Pergamus. Die ersten Schritte in einem wichtigen Teile der mathematischen Physik, in der selbst auf Experimente gegründeten Optik, that Claudius Ptolemäus. — Materielle Vorteile der Ausdehnung des Landhandels nach Innerasien und der Schiffahrt von Myos Hormos nach Indien. — Unter Vespasian und Domitian, zur Zeit der Dynastie der Han, dringt eine chinesische Kriegsmacht bis an die Ostküste des Kaspischen Meeres. Die Richtung der Völkerfluten in Asien geht von Osten nach Westen, wie sie im neuen Kontinent von Norden nach Süden geht. Die asiatische Völkerwanderung beginnt mit dem Anfall der Hiungnu, eines türkischen Stammes, auf die blonde, blauäugige, vielleicht indogermanische Rasse der Yueti und Usün nahe an der chinesischen Mauer, schon anderthalb Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung. — Unter Markus Aurelius werden römische Gesandte über Tunkin an den chinesischen Hof geschickt. Kaiser Claudius empfing schon die Botschaft des Rachias aus Ceylon. Die großen indischen Mathematiker Warahamihira, Brahmagupta und vielleicht selbst Aryabhatta sind neuer als diese Perioden; aber was früher auf ganz einsamen, abgesonderten Wegen in Indien entdeckt worden ist, kann auch vor Diophantus durch den unter den Yagiden und Cäsaren so ausgebreiteten Welthandel teilweise in den Occident eingedrungen sein. Den Nesler dieses Welthandels offenbaren die geographischen Riesenwerke des Strabo und Ptolemäus. Die geo-

graphische Nomenklatur des letzteren ist neuerer Zeit durch gründliches Studium der indischen Sprachen und des westiranischen Zend als ein geschichtliches Denkmal jener fernen Handelsverbindungen erkannt worden. — Großartiges Unternehmen einer Weltbeschreibung durch Plinius; Charakteristik seiner Encyklopädie der Natur und Kunst. — Hat in der Geschichte der Weltanschauung der langdauernde Einfluß der Römerherrschaft sich als ein fortwirkend einigendes und verschmelzendes Element erwiesen, so hat doch erst die Verbreitung des Christentums, als der neue Glaube aus politischen Motiven in Byzanz gewaltsam zur Staatsreligion erhoben wurde, dazu beigetragen, den Begriff der Einheit des Menschengeschlechts hervorzurufen und ihm mitten unter dem elenden Streite der Religionsparteien allmählich Geltung zu verschaffen S. 147—163 und Anm. S. 298—302.

V. Einbruch des arabischen Volksstammes. Wirkung eines fremdartigen Elements auf den Entwickelungsgang europäischer Kultur. — Die Araber, ein bildsamer semitischer Urstamm, verscheuchen teilweise die Barbarei, welche das von Völkerstürmen erschütterte Europa seit zwei Jahrhunderten bedeckt hat; sie erhalten nicht bloß die alte Kultur, sie erweitern sie und eröffnen der Naturforschung neue Wege. — Naturgestalt der Arabischen Halbinsel. Erzeugnisse von Hadhramaut, Yemen und Oman. Gebirgsketten von Dschebel Akhdar und Asyr. Gerrah alter Stapelplatz des Verkehrs mit indischen Waren, den phönizischen Niederlassungen von Aradus und Tylus gegenüber. — Der nördliche Teil der Halbinsel ist vorzugsweise durch die Nähe von Aegypten, durch die Verbreitung arabischer Stämme in dem syrisch-palästinischen Grenzgebirge und den Euphratländern in belebendem Kontakt mit anderen Kulturstaaten gewesen. — Heimische vorbereitende Kultur. Altes Eingreifen in die Welthändel; Ausfälle nach Westen und Osten; Hykkos und der Himyaritenfürst Ariäus, Bundesgenosse des Ninus am Tigris. — Eigentümlicher Charakter des arabischen Nomadenlebens neben Karawanenstraßen und volkreichen Städten S. 164—170 und Anm. S. 302—303. — Einfluß der Nestorianer, der Syrer und der medizinisch-pharmazeutischen Schule von Edessa. — Hang zum Verkehr mit der Natur und ihren Kräften. Die Araber werden die eigentlichen Gründer der physischen und chemischen Wissenschaften. Arzneimittellehre. — Wissenschaftliche Institute in der glanzvollen Epoche von Al-Mansur, Harun Alraschid, Mamun und Motasem. Wissenschaftlicher Verkehr mit Indien. Benutzung des Tscharaka und Susruta wie der alten technischen Künste der Aegypter. Botanischer Garten bei Cordova unter dem poetischen Kalifen Abdurrahman. S. 170—178 und Anm. S. 303—306. — Astronomische Bestrebungen durch eigene Beobachtung und Vervollkommnung der Instrumente. Ebn-Junis Anwendung des Pendels als Zeitmessers. Arbeit des Alhazen über die Strahlenbrechung. Indische Planetentafeln. Störung der Länge des Mondes von Abul-Wefa erkannt. Astro-

nomischer Kongreß zu Toledo, zu welchem Alfons von Kastilien Rabbiner und Araber berief. Sternwarte zu Meragha und späte Wirkung derselben auf den Timuriden Ulugh Beig zu Samarkand. Gradmessung in der Ebene zwischen Tadmor und Rakka. — Die Algebra der Araber aus zwei lange voneinander unabhängig fließenden Strömen, einem indischen und einem griechischen, entstanden. Mohammed Ben-Musa, der Chowarezmier, Diophantus, erst gegen das Ende des 10. Jahrhunderts von Abul-Wefa Buzjani ins Arabische übersetzt. — Auf demselben Wege, welcher den Arabern die Kenntnis der indischen Algebra zuführte, erhielten diese in Persien und am Euphrat auch die indischen Zahlzeichen und den sinnreichen Kunstgriff der Position, d. h. den Gebrauch des Stellenwertes. Sie verpflanzten diesen Gebrauch in die Zollämter im nördlichen Afrika, den Küsten von Sizilien gegenüber. Wahrscheinlichkeit, daß die Christen im Abendlande früher als die Araber mit den indischen Zahlen vertraut waren und daß sie unter dem Namen des Systems des Abakus den Gebrauch der neun Ziffern nach ihrem Stellenwerte kannten. Die Position tritt schon im Suanpan von Innerasien wie im tuskischen Abakus hervor. — Ob eine dauernde Weltherrschaft der Araber bei ihrer fast ausschließlichen Vorliebe für die wissenschaftlichen (naturbeschreibenden, physischen und astronomischen) Resultate griechischer Forschung einer allgemeinen und freien Geisteskultur und dem bildend schaffenden Kunstsinne hätte förderlich sein können? S. 178—183 und Anm. S. 306 bis 310.

VI. Zeit der großen ozeanischen Entdeckungen; Amerika und das Stille Meer. — Begebenheiten und Erweiterung wissenschaftlicher Kenntnisse, welche die Entdeckungen im Raume vorbereitet haben. — Eben weil die Bekanntschaft der Völker Europas mit dem westlichen Teile des Erdballs der Hauptgegenstand dieses Abschnittes ist, muß die unbestreitbare erste Entdeckung von Amerika in seiner nördlichen und gemäßigten Zone durch die Normänner ganz von der Wiederauffindung desselben Kontinents in den tropischen Teilen geschieden werden. — Als noch das Kalifat von Bagdad unter den Abbassiden blühte, wurde Amerika von Leif, dem Sohne Eriks des Roten, bis zu 41½° nördl. Breite aufgefunden. Die Faröer und das durch Naddod zufällig entdeckte Island sind als Zwischenstationen, als Anfangspunkte zu den Unternehmungen nach dem amerikanischen Skandinavien zu betrachten. Auch die Ostküste von Grönland im Scoresbylande (Svalbord), die Ostküste der Baffinsbai bis 72° 55′ und der Eingang des Lancasterssunds und der Barrowstraße wurden besucht. — Frühere? irische Entdeckungen. Das Weißmännerland zwischen Virginien und Florida. Ob vor Naddod und vor Ingolfs Kolonisierung von Island diese Insel von Iren (Westmännern aus dem amerikanischen Großirland) oder von den durch Normänner aus den Farörern verjagten irländischen Missionaren (Papar, den Clericis des Dicuil) zuerst bewohnt

worden ist? — Der Nationalschatz der ältesten Ueberlieferungen des europäischen Nordens, durch Unruhen in der Heimat gefährdet, wurde nach Island übergetragen, das viertehalbhundert Jahre einer freien bürgerlichen Verfassung genoß, und dort für die Nachwelt gerettet. Wir kennen die Handelsverbindung zwischen Grönland und Neuschottland (dem amerikanischen Markland) bis 1347; aber da Grönland schon 1261 seine republikanische Verfassung verloren hatte und ihm, als Krongut Norwegens, aller Verkehr mit Fremden und also auch mit Island verboten war, so nimmt es weniger wunder, daß Kolumbus, als er im Februar 1477 Island besuchte, keine Kunde von dem westlich gelegenen neuen Kontinent erhielt. Zwischen dem norwegischen Hafen Bergen und Grönland gab es aber Handelsverkehr noch bis 1484 S. 184—191 und Anm. S. 310—313. — Weltgeschichtlich ganz verschieden von dem isolierten, folgenlosen Ereignis der ersten normännischen Entdeckung des neuen Kontinents ist seine Wiederauffindung in dem tropischen Teile durch Christoph Kolumbus gewesen, wenngleich dieser Seefahrer, nur einen kürzeren Weg nach Ostasien suchend, weder je die Absicht hatte, einen neuen Weltteil aufzufinden, noch, wie ebenfalls Amerigo Vespucci, bis zu seinem Tode glaubte, andere als ostasiatische Küsten berührt zu haben. — Der Einfluß, den die nautischen Entdeckungen am Ende des 15. und im Anfang des 16. Jahrhunderts auf die Bereicherung der Ideenwelt ausgeübt haben, wird erst verständlich, wenn man einen Blick auf diejenigen Jahrhunderte wirft, welche Kolumbus von der Blüte wissenschaftlicher Kultur unter den Arabern trennen. — Was der Aera des Kolumbus ihren eigentümlichen Charakter gab, den eines ununterbrochenen und gelingenden Strebens nach erweiterter Erdkenntnis, war: das Auftreten einer kleinen Zahl kühner Männer (Albertus Magnus, Roger Bacon, Duns Scotus, Wilhelm von Occam), die zum freien Selbstdenken und zum Erforschen einzelner Naturerscheinungen anregten; die erneuerte Bekanntschaft mit den Werken der griechischen Litteratur, die Erfindung der Buchdruckerkunst, die Mönchsgesandtschaften an die Mongolenfürsten und die merkantilischen Reisen nach Ostasien und Südindien (Marco Polo, Mandeville, Nicolo de' Conti), die Vervollkommnung der Schiffahrtskunde; der Gebrauch des Seekompasses oder die Kenntnis von der Nord- und Südweisung des Magnets, welche man durch die Araber den Chinesen verdankt, S. 191—206 und Anm. S. 313—320. — Frühe Schiffahrten der Katalanen nach der Westküste des tropischen Afrikas Entdeckung der Azoren, Weltkarte des Picigano von 1367. Verhältnis des Kolumbus zu Toscanelli und Martin Alonso Pinzon. Spät erkannte Karte von Juan de la Cosa. — Südsee und ihre Inseln S. 206—218 und Anm. S. 321—326. — Entdeckung der magnetischen Kurve ohne Abweichung im Atlantischen Ozean. Bemerkte Inflexion der Isothermen 100 Seemeilen im Westen der Azoren. Eine physische Abgrenzungslinie wird in eine politische verwandelt; Demarkationslinie des Papstes Alexanders IV. vom

4. Mai 1493. — Kenntnis der Wärmeverteilung; die Grenze des ewigen Schnees wird als Funktion der geographischen Breite erkannt. Bewegung der Gewässer im Atlantischen Meeresthale. Große Tangwiesen S. 218–226 und Anm. S. 326–328. — Erweiterte Ansicht der Welträume; Bekanntschaft mit den Gestirnen des südlichen Himmels; mehr beschauliche als wissenschaftliche Kenntnis! — Vervollkommnung der Methode, den Ort des Schiffes zu bestimmen; das politische Bedürfnis, die Lage der päpstlichen Demarkationslinie festzusetzen, vermehrt den Drang nach praktischen Längenmethoden. — Die Entdeckung und erste Kolonisation von Amerika, die Schiffahrt nach Ostindien um das Vorgebirge der guten Hoffnung treffen zusammen mit der höchsten Blüte der Kunst, mit dem Erringen eines Teils der geistigen Freiheit durch die religiöse Reform, als Vorspiel großer politischer Umwälzungen. Die Kühnheit des genuesischen Seefahrers ist das erste Glied in der unermeßlichen Kette verhängnisvoller Begebenheiten. Zufall, nicht Betrug und Ränke von Amerigo Vespucci haben dem Festland von Amerika den Namen des Kolumbus entzogen. — Einfluß des neuen Weltteils auf die politischen Institutionen, auf die Ideen und Neigungen der Völker im alten Kontinent S. 226—234 und Anm. S. 328—337.

VII. Zeit der großen Entdeckungen in den Himmelsräumen durch Anwendung des Fernrohrs; Vorbereitung dieser Entdeckungen durch richtigere Ansicht des Weltbaues. — Nikolaus Kopernikus beobachtete schon mit dem Astronomen Brudzewski zu Krakau, als Kolumbus Amerika entdeckte. Ideelle Verkettung des 16. und 17. Jahrhunderts durch Peurbach und Regiomontanus. Kopernikus hat sein Weltsystem nie als Hypothese, sondern als unumstößliche Wahrheit aufgestellt S. 235–243 und Anm. S. 337 bis 344. — Kepler und die empirischen von ihm entdeckten Gesetze der Planetenbahnen S. 243—244 und Anm. S. 344 (auch S. 250—251 und Anm. S. 348). — Erfindung des Fernrohrs; Hans Lippershey, Jakob Adriaansz (Metius), Zacharias Jansen. Erste Früchte des teleskopischen Sehens: Gebirgslandschaften des Mondes; Sternschwärme und Milchstraße, die vier Trabanten des Jupiter; Dreigestaltung des Saturn, sichelförmige Gestalt der Venus; Sonnenflecken und Rotationsdauer der Sonne. — Für die Schicksale der Astronomie und die Schicksale ihrer Begründung bezeichnet die Entdeckung der kleinen Jupiterswelt eine denkwürdige Epoche. Die Jupitersmonde veranlassen die Entdeckung der Geschwindigkeit des Lichtes, und die Erkenntnis dieser Geschwindigkeit führt zu Erklärung der Aberrationsellipse der Fixsterne, d. i. zu dem sinnlichen Beweise von der translatorischen Bewegung der Erde. — Den Entdeckungen von Galilei, Simon Marius und Johann Fabricius folgte das Auffinden der Saturnstrabanten durch Huygens und Cassini, des Tierkreislichtes als eines kreisenden abgesonderten Nebelringes durch Childrey, des veränderlichen Lichtwechsels von Fixsternen durch David Fabricius, Johann Bayer und Holwarda. Sternloser Nebel-

fleck der Andromeda von Simons Marius beschrieben S. 244—254 und Anm. S. 344—349. — Wenn auch das 17. Jahrhundert in seinem Anfang der plötzlichen Erweiterung der Kenntnisse der Himmelsräume durch Galilei und Kepler, an seinem Ende den Fortschritten des reinen mathematischen Wissens durch Newton und Leibniz seinen Hauptglanz verdankt, so hat doch auch in dieser großen Zeit der wichtigste Teil der physikalischen Probleme in den Prozessen des Lichtes, der Wärme und des Magnetismus eine befruchtende Pflege erfahren. Doppelte Strahlenbrechung und Polarisation; Spuren von der Kenntnis der Interferenz bei Grimaldi und Hooke. William Gilbert trennt den Magnetismus von der Elektrizität. Kenntnis von dem periodischen Fortschreiten der Linien ohne Abweichung. Halleys frühe Vermutung, daß das Polarlicht (das Leuchten der Erde) eine magnetische Erscheinung sei. Galileis Thermoskope und Benutzung derselben zu einer Reihe regelmäßiger täglicher Beobachtungen auf Stationen verschiedener Höhe. Untersuchungen über die strahlende Wärme. Torricellis Röhre und Höhenmessungen durch den Stand des Quecksilbers in derselben. Kenntnis der Luftströme und des Einflusses der Rotation der Erde auf dieselben. Drehungsgesetz der Winde, von Bacon geahnet. Glücklicher, aber kurzer Einfluß der Academia del Cimento auf die Gründung der mathematischen Naturphilosophie auf dem Wege des Experimentes. — Versuche, die Luftfeuchtigkeit zu messen; Kondensationshygrometer. — Elektrischer Prozeß; tellurische Elektrizität; Otto von Guericke sieht das erste Licht in selbsthervorgerufener Elektrizität. — Anfänge der pneumatischen Chemie; beobachtete Gewichtszunahme bei Oxydation der Metalle; Cardanus und Jean Rey, Hooke und Mayow. Ideen über einen Grundstoff des Luftkreises (spiritus nitro-aëreus), welcher an die sich verkalkenden Metalle tritt, für alle Verbrennungsprozesse und das Atmen der Tiere notwendig ist. — Einfluß des physikalischen und chemischen Wissens auf die Ausbildung der Geognosie (Nikolaus Steno, Scilla, Lister); Hebung des Meeresbodens und der Küstenländer. In der größten aller geognostischen Erscheinungen, in der mathematischen Gestalt der Erde, spiegeln sich erkennbar die Zustände der Urzeit ab, d. h. die primitive Flüssigkeit der rotierenden Masse und ihre Erhärtung als Erdsphäroid. Gradmessungen und Pendelversuche in verschiedenen Breiten. Polarabplattung. Die Erdgestaltung wird von Newton aus theoretischen Gründen erkannt, und so die Kraft aufgefunden, von deren Wirkung die Keplerschen Gesetze eine notwendige Folge sind. Die Auffindung einer solchen Kraft, deren Dasein in Newtons unsterblichem Werke der Prinzipien entwickelt wird, ist fast gleichzeitig mit den durch die Infinitesimalrechnung eröffneten Wegen zu neuen mathematischen Entdeckungen gewesen S. 254—272 und Anm. S. 349—352.

VIII. Vielseitigkeit und innigere Verkettung der wissenschaftlichen Bestrebungen in der neuesten Zeit. —

Rückblick auf die Hauptmomente in der Geschichte der Weltanschauung, die an große Begebenheiten geknüpft sind. — Die Vielseitigkeit der Verknüpfung alles jetzigen Wissens erschwert die Absonderung und Umgrenzung des einzelnen. — Die Intelligenz bringt fortan Großes, fast ohne Anregung von außen, durch eigene innere Kraft nach allen Richtungen hervor. Die Geschichte der physischen Wissenschaften schmilzt so allmählich mit der Geschichte von der Idee eines Naturganzen zusammen S. 273—277 und Anm. S. 352.

Gesammelte Werke

von

Alexander von Humboldt.

Dritter Band.

Kosmos III.

Stuttgart.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Kosmos.

Entwurf einer physischen Weltbeschreibung

von

Alexander von Humboldt.

Dritter Band.

Stuttgart.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Druck von Gebrüder Kröner in Stuttgart.

Kosmos.

Spezielle Ergebnisse der Beobachtung

in dem

Gebiete kosmischer Erscheinungen.

Einleitung.

Zu diesem Ziele hinstrebend, welches ich mir nach dem Maß meiner Kräfte und dem jetzigen Zustande der Wissenschaften als erreichbar gedacht, habe ich in zwei schon erschienenen Bänden des Kosmos die Natur unter einem zweifachen Gesichtspunkte betrachtet. Ich habe sie darzustellen versucht zuerst in der reinen Objektivität äußerer Erscheinung; dann in dem Reflex eines durch die Sinne empfangenen Bildes auf das Innere des Menschen, auf seinen Ideenkreis und seine Gefühle.

Die Außenwelt der Erscheinungen ist unter der wissenschaftlichen Form eines allgemeinen Naturgemäldes in ihren zwei großen Sphären, der uranologischen und der tellurischen, geschildert worden. Es beginnt dasselbe mit den Sternen, die in den fernsten Teilen des Weltraumes zwischen Nebelflecken aufglimmen, und steigt durch unser Planetensystem bis zur irdischen Pflanzendecke und zu den kleinsten, oft von der Luft getragenen, dem unbewaffneten Auge verborgenen Organismen herab. Um das Dasein eines gemeinsamen Bandes, welches die ganze Körperwelt umschlingt, um das Walten ewiger Gesetze und den ursachlichen Zusammenhang ganzer Gruppen von Erscheinungen, soweit derselbe bisher erkannt worden ist, anschaulicher hervortreten zu lassen, mußte die Anhäufung vereinzelter Thatsachen vermieden werden. Eine solche Vorsicht schien besonders da erforderlich, wo sich in der tellurischen Sphäre des Kosmos, neben den dynamischen Wirkungen bewegender Kräfte, der mächtige Einfluß

spezifischer Stoffverschiedenheit offenbart. In der siderischen oder uranologischen Sphäre des Kosmos sind für das, was der Beobachtung erreichbar wird, die Probleme, ihrem Wesen nach von bewundernswürdiger Einfachheit, fähig, nach der Theorie der Bewegung, durch die anziehenden Kräfte der Materie und die Quantität ihrer Masse einer strengen Rechnung zu unterliegen. Sind wir, wie ich glaube, berechtigt, die kreisenden Meteor-Asteroiden für Teile unseres Planetensystems zu halten, so setzen diese allein uns, durch ihren Fall auf den Erdkörper, in Kontakt mit erkennbar ungleichartigen Stoffen des Weltraumes. Ich bezeichne hier die Ursache, weshalb die irdischen Erscheinungen bisher einer mathematischen Gedankenentwickelung minder glücklich und minder allgemein unterworfen worden sind als die sich gegenseitig störenden und wieder ausgleichenden Bewegungen der Weltkörper, in denen für unsere Wahrnehmung nur die Grundkraft gleichartiger Materie waltet.

Mein Bestreben war darauf gerichtet, in dem Naturgemälde der Erde durch eine bedeutsame Anreihung der Erscheinungen ihren ursachlichen Zusammenhang ahnen zu lassen. Es wurde der Erdkörper geschildert in seiner Gestaltung, seiner mittleren Dichtigkeit, den Abstufungen seines mit der Tiefe zunehmenden Wärmegehaltes, seiner elektro-magnetischen Strömungen und polarischen Lichtprozesse. Die Reaktion des Inneren des Planeten auf seine äußere Rinde bedingt den Inbegriff vulkanischer Thätigkeit, die mehr oder minder geschlossenen Kreise von Erschütterungswellen und ihre nicht immer bloß dynamischen Wirkungen, die Ausbrüche von Gas, von heißen Wasserquellen und Schlamm. Als die höchste Kraftäußerung der inneren Erdmächte ist die Erhebung feuerspeiender Berge zu betrachten. Wir haben so die Central- und Reihenvulkane geschildert, wie sie nicht bloß zerstören, sondern Stoffartiges erzeugen, und unter unseren Augen, meist periodisch, fortfahren, Gebirgsarten (Eruptionsgestein) zu bilden; wir haben gezeigt, wie, im Kontraste mit dieser Bildung, Sedimentgesteine sich ebenfalls noch aus Flüssigkeiten niederschlagen, in denen ihre kleinsten Teile aufgelöst oder schwebend enthalten waren. Eine solche Vergleichung des Werdenden, sich als Festes Gestaltenden mit dem längst als Schichten der Erdrinde Erstarrten leitet auf die Unterscheidung geognostischer Epochen, auf eine sichere Bestimmung der Zeitfolge der Formationen, welche die untergegangenen

Geschlechter von Tieren und Pflanzen, die Fauna und Flora der Vorwelt, in chronologisch erkennbaren Lebensreihen umhüllen. Entstehung, Umwandelung und Hebung der Erdschichten bedingen epochenweise wechselnd alle Besonderheiten der Naturgestaltung der Erdoberfläche; sie bedingen die räumliche Verteilung des Festen und Flüssigen, die Ausdehnung und Gliederung der Kontinentalmassen in horizontaler und senkrechter Richtung. Von diesen Verhältnissen hangen ab die thermischen Zustände der Meeresströme, die meteorologischen Prozesse in der luftförmigen Umhüllung des Erdkörpers, die typische und geographische Verbreitung der Organismen. Eine solche Erinnerung an die Aneinanderreihung der tellurischen Erscheinungen, wie sie das Naturgemälde dargeboten hat, genügt, wie ich glaube, um zu beweisen, daß durch die bloße Zusammenstellung großer und verwickelt scheinender Resultate der Beobachtung die Einsicht in ihren Kausalzusammenhang gefördert wird. Die Deutung der Natur ist aber wesentlich geschwächt, wenn man durch zu große Anhäufung einzelner Thatsachen der Naturschilderung ihre belebende Wärme entzieht.

So wenig nun in einer mit Sorgfalt entworfenen objektiven Darstellung der Erscheinungswelt Vollständigkeit bei Aufzählung der Einzelnheiten beabsichtigt worden ist, ebensowenig hat dieselbe erreicht werden sollen in der Schilderung des Reflexes der äußeren Natur auf das Innere des Menschen. Hier waren die Grenzen noch enger zu ziehen. Das ungemessene Gebiet der Gedankenwelt, befruchtet seit Jahrtausenden durch die treibenden Kräfte geistiger Thätigkeit, zeigt uns in den verschiedenen Menschenrassen und auf verschiedenen Stufen der Bildung bald eine heitere, bald eine trübe Stimmung des Gemütes, bald zarte Erregbarkeit und bald dumpfe Unempfindlichkeit für das Schöne. Es wird der Sinn des Menschen zuerst auf die Heiligung von Naturkräften und gewisser Gegenstände der Körperwelt geleitet; später folgt er religiösen Anregungen höherer, rein geistiger Art. Der innere Reflex der äußeren Natur wirkt dabei mannigfaltig auf den geheimnisvollen Prozeß der Sprachenbildung, in welchem zugleich ursprüngliche körperliche Anlagen und Eindrücke der umgebenden Natur als mächtige mitbestimmende Elemente auftreten. Die Menschheit verarbeitet in sich den Stoff, welchen die Sinne ihr darbieten. Die Erzeugnisse einer solchen Geistesarbeit gehören ebenso wesentlich zum Bereich

des Kosmos als die Erscheinungen, die sich im Inneren abspiegeln.

Da ein reflektiertes Naturbild unter dem Einfluß aufgeregter schöpferischer Einbildungskraft sich nicht rein und treu erhalten kann, so entsteht neben dem, was wir die wirkliche oder äußere Welt nennen, eine ideale und innere Welt, voll phantastischer, zum Teil symbolischer Mythen, belebt durch fabelhafte Tiergestalten, deren einzelne Glieder den Organismen der jetzigen Schöpfung oder gar den erhaltenen Resten untergegangener Geschlechter entlehnt sind. Auch Wunderblumen und Wunderbäume entsprießen dem mythischen Boden: wie nach den Edda-Liedern die riesige Esche, der Weltbaum Yggdrasil, dessen Aeste über den Himmel emporstreben, während eine seiner dreifachen Wurzeln bis in die „rauschenden Kesselbrunnen" der Unterwelt reicht. So ist das Nebelland physischer Mythen, nach Verschiedenheit der Volksstämme und der Klimate, mit anmutigen oder mit grauenvollen Gestalten gefüllt. Jahrhundertelang werden sie durch die Ideenkreise später Generationen vererbt.

Wenn die Arbeit, die ich geliefert, nicht genugsam dem Titel entspricht, den ich oft selbst als gewagt und unvorsichtig gewählt bezeichnet habe, so muß der Tadel der Unvollständigkeit besonders den Teil dieser Arbeit treffen, welcher das geistige Leben im Kosmos, die in die Gedanken- und Gefühlswelt reflektierte äußere Natur, berührt. Ich habe mich in diesem Teile vorzugsweise begnügt, bei den Gegenständen zu verweilen, welche in mir der Richtung lang genährter Studien näher liegen: bei den Aeußerungen des mehr oder minder lebhaften Naturgefühls im klassischen Altertum und in der neueren Zeit; bei den Fragmenten dichterischer Naturbeschreibung, auf deren Färbung die Individualität des Volkscharakters und die religiöse, monotheistische Ansicht des Geschaffenen einen so wesentlichen Einfluß ausgeübt haben; bei dem anmutigen Zauber der Landschaftsmalerei; bei der Geschichte der physischen Weltanschauung, d. i. bei der Geschichte der in dem Laufe von zwei Jahrtausenden stufenweise entwickelten Erkenntnis des Weltganzen, der Einheit in den Erscheinungen.

Bei einem so vielumfassenden, seinem Zwecke nach zugleich wissenschaftlichen und die Natur lebendig darstellenden Werke darf ein erster, unvollkommener Versuch der Ausführung nur darauf Anspruch machen, daß er mehr durch das wirke,

was er anregt, als durch das, was er zu geben vermag. Ein Buch von der Natur, seines erhabenen Titels würdig, wird dann erst erscheinen, wenn die Naturwissenschaften, trotz ihrer ursprünglichen Unvollendbarkeit, durch Fortbildung und Erweiterung einen höheren Standpunkt erreicht haben, und wenn so beide Sphären des einigen Kosmos (die äußere, durch die Sinne wahrnehmbare, wie die innere, reflektierte, geistige Welt) gleichmäßig an lichtvoller Klarheit gewinnen.

Ich glaube hiermit hinlänglich die Ursachen berührt zu haben, welche mich bestimmen mußten, dem allgemeinen Naturgemälde keine größere Ausdehnung zu geben. Dem dritten und letzten Bande des Kosmos ist es vorbehalten, vieles des Fehlenden zu ergänzen und die Ergebnisse der Beobachtung darzulegen, auf welche der jetzige Zustand wissenschaftlicher Meinungen vorzugsweise gegründet ist. Die Anordnung dieser Ergebnisse wird hier wieder die sein, welcher ich nach den früher ausgesprochenen Grundsätzen in dem Naturgemälde gefolgt bin. Ehe ich jedoch zu den Einzelheiten übergehe, welche die speziellen Disziplinen begründen, darf es mir erlaubt sein, noch einige allgemeine erläuternde Betrachtungen voranzuschicken. Das unerwartete Wohlwollen, welches meinem Unternehmen bei dem Publikum in weiten Kreisen, in- und außerhalb des Vaterlandes, geschenkt worden ist, läßt mich doppelt das Bedürfnis fühlen, mich noch einmal auf das bestimmteste über den Grundgedanken des ganzen Werkes und über Anforderungen auszusprechen, die ich schon darum nicht zu erfüllen versucht habe, weil ihre Erfüllung nach meiner individuellen Ansicht unseres empirischen Wissens nicht von mir beabsichtigt werden konnte. An diese rechtfertigenden Betrachtungen reihen sich wie von selbst historische Erinnerungen an die früheren Versuche, den Weltgedanken aufzufinden, der alle Erscheinungen in ihrem Kausalzusammenhange auf ein einiges Prinzip reduzieren solle.

Das Grundprinzip meines Werkes über den Kosmos, wie ich dasselbe vor mehr als zwanzig Jahren in den französischen und deutschen zu Paris und Berlin gehaltenen Vorlesungen entwickelt habe, ist in dem Streben enthalten: die Welterscheinungen als ein Naturganzes aufzufassen; zu zeigen, wie in einzelnen Gruppen dieser Erscheinungen die ihnen gemeinsamen Bedingnisse, d. i. das Walten großer Gesetze, erkannt worden sind; wie man von den Gesetzen zu der Erforschung ihres ursachlichen Zusammenhanges aufsteigt. Ein

solcher Drang nach dem Verstehen des Weltplans, d. h. der Naturordnung, beginnt mit Verallgemeinerung des Besonderen, mit Erkenntnis der Bedingungen, unter denen die physischen Veränderungen sich gleichmäßig wiederkehrend offenbaren; er leitet zu der denkenden Betrachtung dessen, was die Empirie uns darbietet, nicht aber „zu einer Weltansicht durch Spekulation und alleinige Gedankenentwickelung, nicht zu einer absoluten Einheitslehre in Absonderung von der Erfahrung". Wir sind, ich wiederhole es hier, weit von dem Zeitpunkt entfernt, wo man es für möglich halten konnte, alle unsere sinnlichen Anschauungen zur Einheit des Naturbegriffs zu konzentrieren. Der sichere Weg ist ein volles Jahrhundert vor Francis Bacon schon von Leonardo da Vinci vorgeschlagen und mit wenigen Worten bezeichnet worden: cominciare dall' esperienza e per mezzo di questa scoprirne la ragione. In vielen Gruppen der Erscheinungen müssen wir uns freilich noch mit dem Auffinden von empirischen Gesetzen begnügen; aber das höchste, seltener erreichte Ziel aller Naturforschung ist das Erspähen des Kausalzusammenhanges[1] selbst. Die befriedigendste Deutlichkeit und Evidenz herrschen da, wo es möglich wird, das Gesetzliche auf mathematisch bestimmbare Erklärungsgründe zurückzuführen. Die physische Weltbeschreibung ist nur in einzelnen Teilen eine Welterklärung. Beide Ausdrücke sind noch nicht als identisch zu betrachten. Was der Geistesarbeit, deren Schranken hier bezeichnet werden, Großes und Feierliches inwohnt, ist das frohe Bewußtsein des Strebens nach dem Unendlichen, nach dem Erfassen dessen, was in ungemessener, unerschöpflicher Fülle das Seiende, das Werdende, das Geschaffene uns offenbart.

Ein solches durch alle Jahrhunderte wirksames Streben mußte oft und unter mannigfaltigen Formen zu der Täuschung verführen, das Ziel erreicht, das Prinzip gefunden zu haben, aus dem alles Veränderliche der Körperwelt, der Inbegriff aller sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen erklärt werden könne. Nachdem lange Zeit hindurch, gemäß der ersten Grundanschauung des hellenischen Volksgeistes, in den gestaltenden, umwandelnden oder zerstörenden Naturkräften das Walten geistiger Mächte in menschlicher Form verehrt[2] worden war, entwickelte sich in den physiologischen Phantasieen der ionischen Schule der Keim einer wissenschaftlichen Naturbetrachtung. Der Urgrund des Entstehens der Dinge, der Urgrund aller Erscheinungen ward, nach zwei Richtungen:[3]

aus der Annahme konkreter, stoffartiger Prinzipien, sogenannter Naturelemente, oder aus Prozessen der Verdünnung und Verdichtung, bald nach mechanischen, bald nach dynamischen Ansichten, abgeleitet. Die, vielleicht ursprünglich indische Hypothese von vier oder fünf stoffartig verschiedenen Elementen ist von dem Lehrgedichte des Empedokles an bis in die spätesten Zeiten allen Naturphilosophemen beigemengt geblieben: ein uraltes Zeugnis und Denkmal für das Bedürfnis des Menschen, nicht bloß in den Kräften, sondern auch in qualitativer Wesenheit der Stoffe nach einer Verallgemeinerung und Vereinfachung der Begriffe zu streben.

In der späteren Entwickelung der ionischen Physiologie erhob sich Anaxagoras von Klazomenä von der Annahme bloß bewegender Kräfte der Materie zu der Idee eines von aller Materie gesonderten, ihre gleichartigen kleinsten Teile entmischenden Geistes. Die weltordnende Vernunft (νοῦς) beherrscht die kontinuierlich fortschreitende Weltbildung, den Urquell aller Bewegung und so auch aller physischen Erscheinungen. Durch die Annahme eines centrifugalen Umschwunges,[4] dessen Nachlassen, wie wir schon oben erwähnt, den Fall der Meteorsteine bewirkt, erklärt Anaxagoras den scheinbaren (ostwestlichen) himmlischen Kreislauf. Diese Hypothese bezeichnet den Ausgangspunkt von Wirbeltheorien, welche mehr denn zweitausend Jahre später durch Descartes, Huygens und Hooke eine große kosmische Wichtigkeit erhielten. Ob des Klazomeniers weltordnender Geist die Gottheit selbst oder pantheistisch nur ein geistiges Prinzip alles Naturlebens bezeichnet,[5] bleibt diesem Werke fremd.

In einem grellen Kontraste mit den beiden Abteilungen der ionischen Schule steht die das Universum ebenfalls umfassende mathematische Symbolik der Pythagoreer. Der Blick bleibt einseitig geheftet in der Welt sinnlich wahrnehmbarer Naturerscheinungen auf das Gesetzliche in der Gestaltung (den fünf Grundformen), auf die Begriffe von Zahlen, Maß, Harmonie und Gegensätzen. Die Dinge spiegeln sich in den Zahlen, welche gleichsam eine „nachahmende Darstellung" (μίμησις) von ihnen sind. Das Wesen der Dinge kann als Zahlenverhältnisse, ihre Veränderungen und Umbildungen können als Zahlenkombinationen erkannt werden. Auch Platos Physik erhält Versuche, alle Wesenheit der Stoffe im Weltall und ihrer Verwandlungsstufen auf körperliche Formen und diese auf die einfachsten (triangularen) Flächenfiguren zurück-

zuführen. Was aber die letzten Prinzipien (gleichsam die Elemente der Elemente) sind, sagt Plato in bescheidenem Mißmut, „weiß Gott allein, und wer von ihm geliebt wird unter den Menschen". Eine solche mathematische Behandlung physischer Erscheinungen, die Ausbildung der Atomistik, die Philosophie des Maßes und der Harmonie, hat noch spät auf die Entwickelung der Naturwissenschaften eingewirkt, auch phantasiereiche Entdecker auf Abwege geführt, welche die Geschichte der physischen Weltanschauung bezeichnet. „Es wohnt ein fesselnder, von dem ganzen Altertume gefeierter Zauber den einfachen Verhältnissen der Zeit und des Raumes inne, wie sie sich in Tönen, in Zahlen und Linien offenbaren."

Die Idee der Weltordnung und Weltregierung tritt geläutert und erhaben in den Schriften des Aristoteles hervor. Alle Erscheinungen der Natur werden in den physischen Vorträgen (Auscultationes physicae) als bewegende Lebensthätigkeiten einer allgemeinen Weltkraft geschildert. Von dem „unbewegten Beweger der Welt" hängt der Himmel und die Natur" (die tellurische Sphäre der Erscheinungen) ab. Der „Anordner" und der letzte Grund aller sinnlichen Veränderungen muß als ein Nicht-Sinnliches, von aller Materie Getrenntes betrachtet werden. Die Einheit in den verschiedenen Kraftäußerungen der Stoffe wird zum Hauptprinzipe erhoben, und diese Kraftäußerungen selbst werden stets auf Bewegungen reduziert. So finden wir in dem Buche von der Seele schon den Keim der Undulations-Theorie des Lichtes. Die Empfindung des Sehens erfolgt durch eine Erschütterung, eine Bewegung des Mittels zwischen dem Gesicht und dem gesehenen Gegenstande, nicht durch Ausflüsse aus dem Gegenstande oder dem Auge. Mit dem Sehen wird das Hören verglichen, da der Schall ebenfalls eine Folge der Lufterschütterung ist.

Aristoteles, indem er lehrt, durch die Thätigkeit der denkenden Vernunft in dem Besonderen der wahrnehmbaren Einzelheiten das Allgemeine zu erforschen, umfaßt immer das Ganze der Natur und den inneren Zusammenhang nicht bloß der Kräfte, sondern auch der organischen Gestalten. In dem Buche über die Teile (Organe) der Tiere spricht er deutlich seinen Glauben an die Stufenleiter der Wesen aus, in der sie von niederen zu höheren Formen aufsteigen. Die Natur geht in ununterbrochenem, fortschreitendem Entwickelungsgange von dem Unbelebten (Elementarischen) durch die Pflanzen zu den

Tieren über: zunächst „zu dem, was zwar noch kein eigentliches Tier, aber so nahe mit diesem verwandt ist, daß es sich im ganzen wenig von ihm unterscheidet". In dem Uebergange der Bildungen „sind die Mittelstufen fast unmerklich".[9] Das große Problem des Kosmos ist dem Stagiriten die Einheit der Natur. „In ihr," sagt er mit sonderbarer Lebendigkeit des Ausdruckes, „ist nichts zusammenhangslos Eingeschobenes wie in einer schlechten Tragödie."

Das naturphilosophische Streben, alle Erscheinungen des einigen Kosmos einem Erklärungsprinzipe unterzuordnen, ist in allen physikalischen Schriften des tiefsinnigen Weltweisen und genauen Naturbeobachters nicht zu verkennen; aber der mangelhafte Zustand des Wissens, die Unbekanntschaft mit der Methode des Experimentierens, d. h. des Hervorrufens der Erscheinungen unter bestimmten Bedingnissen, hinderte selbst kleine Gruppen physischer Prozesse in ihrem Kausalzusammenhange zu erfassen. Alles wurde reduziert auf die immer wiederkehrenden Gegensätze von Kälte und Wärme, Feuchtigkeit und Dürre, primitiver Dichtigkeit und Dünne; ja auf ein Bewirken von Veränderungen in der Körperwelt durch eine Art innerer Entzweiung (Antiperistase), welche an unsere jetzigen Hypothesen der entgegengesetzten Polarität, an die hervorgerufenen Kontraste von + und — erinnert.[10] Die vermeinten Lösungen der Probleme geben dann die Thatsachen selbst verhüllt wieder, und der sonst überall so mächtig konzise Stil des Stagiriten geht in der Erklärung meteorologischer oder optischer Prozesse oft in selbstgefällige Breite und etwas hellenische Vielredenheit über. Da der Aristotelische Sinn wenig auf Stoffverschiedenheit, vielmehr ganz auf Bewegung gerichtet ist, so tritt die Grundidee, alle tellurischen Naturerscheinungen dem Impuls der Himmelsbewegung, dem Umschwung der Himmelssphäre zuzuschreiben, wiederholt hervor, geahnt, mit Vorliebe gepflegt,[11] aber nicht in absoluter Schärfe und Bestimmtheit dargestellt.

Der Impuls, welchen ich hier bezeichne, deutet nur die Mitteilung der Bewegung als den Grund aller irdischen Erscheinungen an. Pantheistische Ansichten sind ausgeschlossen. Die Gottheit ist die höchste „ordnende Einheit, welche sich in allen Kreisen der gesamten Welt offenbart, jedem einzelnen Naturwesen die Bestimmung verleiht, als absolute Macht alles zusammenhält." Der Zweckbegriff und die teleologischen Ansichten werden nicht auf die untergeordneten Naturprozesse,

die der anorganischen, elementarischen Natur angewandt, sondern vorzugsweise auf die höheren Organisationen der Tier- und Pflanzenwelt. Auffallend ist es, daß in diesen Lehren die Gottheit sich gleichsam einer Anzahl von Astralgeistern bedient, welche (wie der Massenverteilung und der Perturbationen kundig) die Planeten in den ewigen Bahnen zu erhalten wissen.[12] Die Gestirne offenbaren dabei das Bild der Göttlichkeit in der sinnlichen Welt. Des kleinen, Pseudo-Aristotelischen, gewiß stoischen Buches vom Kosmos ist hier, trotz seines Namens, nicht Erwähnung geschehen. Es stellt zwar, naturbeschreibend und oft mit rhetorischer Lebendigkeit und Färbung, zugleich Himmel und Erde, die Strömungen des Meeres und des Luftkreises dar; aber es offenbart keine Tendenz, die Erscheinungen des Kosmos auf allgemeine physikalische, d. h. in den Eigenschaften der Materie gegründete, Prinzipien zurückzuführen.

Ich habe länger bei der glänzendsten Epoche der Naturansichten des Altertums verweilt, um den frühesten Versuchen der Verallgemeinerung die Versuche der neueren Zeit gegenüberzustellen. In der Gedankenbewegung der Jahrhunderte, welche in Hinsicht auf die Erweiterung kosmischer Anschauungen in einem anderen Teile dieses Buches geschildert worden ist, zeichnen sich das Ende des dreizehnten und der Anfang des vierzehnten Jahrhunderts aus; aber das Opus majus von Roger Bacon, der Naturspiegel des Vincenz von Beauvais, die physische Geographie (Liber cosmographicus) von Albert dem Großen, das Weltgemälde (Imago Mundi) des Kardinals Petrus de Alliaco (Pierre d'Ailly) sind Werke, welche, so mächtig sie auch auf Zeitgenossen gewirkt haben, durch ihren Inhalt nicht dem Titel entsprechen, den sie führen. Unter den italienischen Gegnern der Aristotelischen Physik wird Bernardino Telesio aus Cosenza als der Gründer einer rationellen Naturwissenschaft bezeichnet. Alle Erscheinungen der sich passiv verhaltenden Materie werden von ihm als Wirkungen zweier unkörperlichen Prinzipien (Thätigkeiten, Kräfte), von Wärme und Kälte, betrachtet. Auch das ganze organische Leben, die „beseelten" Pflanzen und Tiere sind das Produkt jener ewig entzweiten Kräfte, von denen vorzugsweise die eine, die Wärme, der himmlischen, die andere, die Kälte, der irdischen Sphäre zugehört.

Mit noch ungezügelterer Phantasie, aber auch mit tiefem Forschungsgeiste begabt, versucht Giordano Bruno aus Nola

in drei Werken: De la Causa, Principio e Uno; Contemplationi circa lo Infinito, Universo e Mondi innumerabili, und De Minimo et Maximo, das Weltganze zu umfassen. In der Naturphilosophie des Telesio, eines Zeitgenossen des Kopernikus, erkennt man wenigstens das Bestreben, die Veränderungen der Materie auf zwei ihrer Grundkräfte zu reduzieren, „welche zwar als von außen wirkend gedacht werden", doch ähnlich sind den Grundkräften der Anziehung und Abstoßung in der dynamischen Naturlehre von Boscowich und Kant. Die kosmischen Ansichten des Nolaners sind rein metaphysisch; sie suchen nicht die Ursachen der sinnlichen Erscheinungen in der Materie selbst, sondern berühren „die Unendlichkeit des mit selbstleuchtenden Welten gefüllten Raumes, die Beseeltheit dieser Welten, die Beziehungen der höchsten Intelligenz, Gottes, zu dem Universum". Mit geringem mathematischen Wissen ausgerüstet, war Giordano Bruno doch bis zu seinem furchtbaren Martertode [13] ein enthusiastischer Bewunderer von Kopernikus, Tycho und Kepler. Zeitgenosse des Galilei, erlebte er nicht die Erfindung des Fernrohres von Hans Lippershey und Zacharias Jansen, und also auch nicht die Entdeckung der „kleinen Jupiterswelt", der Venusphasen und der Nebelflecke. Mit kühner Zuversicht auf das, was er nennt lume interno, ragione naturale, altezza dell' intelletto, überließ er sich glücklichen Ahnungen über die Bewegung der Fixsterne, die planetenartige Natur der Kometen und die von der Kugelform abweichende Gestalt der Erde. [14] Auch das griechische Altertum ist voll von solchen uranologischen Verheißungen, die später erfüllt wurden.

In der Gedankenentwickelung über kosmische Verhältnisse, deren Hauptformen und Hauptepochen hier aufgezählt werden, war Kepler, volle 78 Jahre vor dem Erscheinen von Newtons unsterblichem Werke der Principia Philosophiae Naturalis, einer mathematischen Anwendung der Gravitationslehre am nächsten. Wenn der Eklektiker Simplicius bloß im allgemeinen den Grundsatz ausspracb, „das Nichtherabfallen der himmlischen Körper werde dadurch bewirkt, daß der Umschwung (die Centrifugalkraft) die Oberhand habe über die eigene Fallkraft, den Zug nach unten"; wenn Johannes Philoponus, ein Schüler des Ammonius Hermeä, die Bewegung der Weltkörper „einem primitiven Stoße und dem fortgesetzten Streben zum Falle" zuschrieb; wenn, wie wir schon früher bemerkt, Kopernikus nur den allgemeinen Begriff der Gravitation,

wie sie in der Sonne, als dem Centrum der Planetenwelt, in der Erde und dem Monde wirke, mit den denkwürdigen Worten bezeichnet: gravitatem non aliud esse quam appetentiam quandam naturalem partibus inditam a divina providentia opificis universorum, ut in unitatem integritatemque suam sese conferant, in formam globi coëuntes, so finden wir bei Kepler in der Einleitung zu dem Buche De Stella Martis[15] zuerst numerische Angaben von den Anziehungskräften, welche nach Verhältnis ihrer Massen Erde und Mond gegeneinander ausüben. Er führt bestimmt Ebbe und Flut[16] als einen Beweis an, daß die anziehende Kraft des Mondes (virtus tractoria) sich bis zur Erde erstrecke; ja daß die Kraft, „ähnlich der, welche der Magnet auf das Eisen ausübt", die Erde des Wassers berauben würde, wenn diese aufhörte, dasselbe anzuziehen. Leider gab der große Mann zehn Jahre später, 1619, vielleicht aus Nachgiebigkeit gegen Galilei, welcher Ebbe und Flut der Rotation der Erde zuschrieb, die richtige Erklärung auf, um in der Harmonice Mundi den Erdkörper als ein lebendiges Untier zu schildern, dessen walfischartige Respiration, in periodischem, von der Sonnenzeit abhängigen Schlaf und Erwachen, das Anschwellen und Sinken des Ozeans verursacht. Bei dem mathematischen, schon von Laplace anerkannten Tiefsinne, welcher aus einer von Keplers Schriften hervorleuchtet, ist zu bedauern, daß der Entdecker von den drei großen Gesetzen aller planetarischen Bewegung nicht auf dem Wege fortgeschritten ist, zu welchem ihn seine Ansichten über die Massenanziehung der Weltkörper geleitet hatten.

Mit einer größeren Mannigfaltigkeit von Naturkenntnissen als Kepler begabt und Gründer vieler Teile einer mathematischen Physik, unternahm Descartes in einem Werke, das er Traité du Monde, auch Summa Philosophiae nannte, die ganze Welt der Erscheinungen, die himmlische Sphäre und alles, was er von der belebten und unbelebten irdischen Natur wußte, zu umfassen. Der Organismus der Tiere, besonders der des Menschen, für welchen er elf Jahre lang sehr ernste anatomische Studien gemacht, sollte das Werk beschließen. In der Korrespondenz mit dem Pater Mersenne findet man häufige Klagen über das langsame Fortschreiten der Arbeit und über die Schwierigkeit, so viele Materien aneinander zu reihen. Der Kosmos, den Descartes immer seine Welt (son Monde) nannte, sollte endlich am Schlusse

des Jahres 1633 dem Druck übergeben werden, als das Gerücht von der Verurteilung Galileis in der Inquisition zu Rom, welches erst vier Monate später, im Oktober 1633, durch Gassendi und Bouillaud verbreitet wurde, alles rückgängig machte und die Nachwelt eines großen, mit so viel Mühe und Sorgfalt vollendeten Werkes beraubte. Die Motive der Nichtherausgabe des Kosmos waren Liebe zu friedlicher Ruhe im einsamen Aufenthalte zu Deventer, wie die fromme Besorgnis, unehrerbietig gegen die Dekrete des heiligen Stuhles wider die planetarische Bewegung der Erde zu sein. Erst 1664, also vierzehn Jahre nach dem Tode des Philosophen, wurden einige Fragmente unter dem sonderbaren Titel: Le Monde ou Traité de la Lumière gedruckt. Die drei Kapitel, welche vom Lichte handeln, bilden doch kaum ein Viertel des Ganzen. Dagegen wurden die Abschnitte, welche ursprünglich zu dem Kosmos des Descartes gehörten und Betrachtungen über die Bewegung und Sonnenferne der Planeten, über den Erdmagnetismus, die Ebbe und Flut, das Erdbeben und die Vulkane enthalten, in den dritten und vierten Teil des berühmten Werkes Principes de la Philosophie versetzt.

Der Kosmotheoros von Huygens, der erst nach seinem Tode erschienen ist, verdient, trotz seines bedeutungsvollen Namens, in dieser Aufzählung kosmologischer Versuche kaum genannt zu werden. Es sind Träume und Ahnungen eines großen Mannes über die Pflanzen- und Tierwelt auf den fernsten Weltkörpern, besonders über die dort abgeänderte Gestalt des Menschengeschlechtes. Man glaubt Keplers Somnium astronomicum oder Kirchers ekstatische Reise zu lesen. Da Huygens schon, ganz wie die Astronomen unserer Zeit, dem Monde alles Wasser[17] und alle Luft versagte, so ist er über die Existenz des Mondmenschen noch verlegener als über die Bewohner der „dunst- und wolkenreichen ferneren Planeten".

Dem unsterblichen Verfasser des Werkes Philosophiae Naturalis Principia mathematica gelang es, den ganzen uranologischen Teil des Kosmos durch die Annahme einer einigen, alles beherrschenden Grundkraft der Bewegung in dem Kausalzusammenhange seiner Erscheinungen zu erfassen. Newton zuerst hat die physische Astronomie zu der Lösung eines großen Problems der Mechanik, zu einer mathematischen Wissenschaft erhoben. Die Quantität der Materie in jeglichem Weltkörper gibt das Maß seiner anziehenden Kraft, einer Kraft,

die in umgekehrtem Verhältnis des Quadrats der Entfernung wirkt und die Größe der Störungen bestimmt, welche nicht bloß die Planeten, sondern alle Gestirne der Himmelsräume aufeinander ausüben. Aber das Newtonische, durch Einfachheit und Allgemeinheit so bewundernswürdige Theorem der Gravitation ist in seiner kosmischen Anwendung nicht auf die uranologische Sphäre beschränkt, es beherrscht auch die tellurischen Erscheinungen in zum Teil noch unerforschten Richtungen; es gibt den Schlüssel zu periodischen Bewegungen im Ozean und in der Atmosphäre, zu der Lösung von Problemen der Kapillarität, der Endosmose, vieler chemischer, elektromagnetischer und organischer Prozesse. Newton [18] selbst unterschied schon die Massenanziehung, wie sie sich in den Bewegungen aller Weltkörper und in den Phänomenen der Ebbe und Flut äußert, von der Molekularanziehung, die in unendlich kleiner Entfernung und bei der innigsten Berührung wirksam wird.

Auf diese Weise zeigt sich unter allen Versuchen, das Veränderliche in der Sinnenwelt auf ein einziges Grundprinzip zurückzuführen, die Lehre von der Gravitation als der umfassendste und kosmisch vielverheißendste. Allerdings lassen sich, trotz der glänzenden Fortschritte, welche in neueren Zeiten in der Stöchiometrie (in der Rechenkunst mit chemischen Elementen und in den Volumverhältnissen der gemengten Gasarten) gemacht sind, noch nicht alle physikalischen Theorieen der Stofflehre auf mathematisch bestimmbare Erklärungsgründe zurückführen. Empirische Gesetze sind aufgefunden, und nach den weitverbreiteten Ansichten der Atomistik oder Corpuskularphilosophie ist manches der Mathematik zugänglicher geworden; aber bei der grenzenlosen Heterogeneität der Stoffe und den mannigfaltigen Aggregationszuständen der sogenannten Massenteilchen sind die Beweise jener empirischen Gesetze noch keineswegs aus der Theorie der Kontaktanziehung mit der Gewißheit zu entwickeln, welche die Begründung von Keplers drei großen empirischen Gesetzen aus der Theorie der Massenanziehung oder Gravitation darbietet.

Zu derselben Zeit aber, in der Newton schon erkannt hatte, daß alle Bewegungen der Weltkörper Folgen einer und derselben Kraft seien, hielt er die Gravitation selbst nicht, wie Kant, für eine Grundkraft der Materie [19], sondern entweder für abgeleitet von einer ihm noch unbekannten, höheren Kraft, oder für Folge eines „Umschwunges des Aethers, welcher den

Weltraum erfüllt und in den Zwischenräumen der Massenteilchen dünner ist, nach außen aber an Dichtigkeit zunimmt". Die letztere Ansicht ist umständlich in einem Briefe an Robert Boyle[20] (vom 28. Februar 1678) entwickelt, welcher mit den Worten endigt: „Ich suche in dem Aether die Ursache der Gravitation." Acht Jahre später, wie man aus einem Schreiben an Halley ersieht, gab Newton diese Hypothese des dünneren und dichteren Aethers gänzlich auf. Besonders auffallend ist es, daß er neun Jahre vor seinem Tode, 1717, in der so überaus kurzen Vorrede zu der zweiten Auflage seiner Optik es für nötig hielt, bestimmt zu erklären, daß er die Gravitation keineswegs für eine Grundkraft der Materie (essential property of bodies) halte[21], während Gilbert schon 1600 den Magnetismus für eine aller Materie inwohnende Kraft ansah. So schwankend war der tiefsinnigste, immer der Erfahrung zugewandte Denker, Newton selbst, über die „letzte mechanische Ursache" aller Bewegung.

Es ist allerdings eine glänzende, des menschlichen Geistes würdige Aufgabe, die ganze Naturlehre von den Gesetzen der Schwere an bis zu dem Bildungstriebe in den belebten Körpern als ein organisches Ganzes aufzustellen; aber der unvollkommene Zustand so vieler Teile unseres Naturwissens setzt der Lösung jener Aufgabe unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Die Unvollendbarkeit aller Empirie, die Unbegrenztheit der Beobachtungssphäre macht die Aufgabe, das Veränderliche der Materie aus den Kräften der Materie selbst zu erklären, zu einer unbestimmten. Das Wahrgenommene erschöpft bei weitem nicht das Wahrnehmbare. Wenn wir, um nur an die Fortschritte der uns näheren Zeit zu erinnern, das unvollkommene Naturwissen von Gilbert, Robert Boyle und Hales mit dem jetzigen vergleichen, wir dazu der mit jedem Jahrzehnt zunehmenden Schnelligkeit des Fortschrittes gedenken, so erfassen wir die periodischen, endlosen Umwandelungen, welche allen physikalischen Wissenschaften noch bevorstehen. Neue Stoffe und neue Kräfte werden entdeckt werden. Wenn auch viele Naturprozesse, wie die des Lichts, der Wärme und des Elektromagnetismus, auf Bewegung (Schwingungen) reduziert, einer mathematischen Gedankenentwickelung zugänglich geworden sind, so bleiben übrig die oft erwähnten, vielleicht unbezwingbaren Aufgaben von der Ursache chemischer Stoffverschiedenheit, wie von der scheinbar allen Gesetzen entzogenen Reihung in der Größe, der Dichtigkeit, Achsenstellung

und Bahnexzentrizität der Planeten, in der Zahl und dem Abstande ihrer Satelliten, in der Gestalt der Kontinente und der Stellung ihrer höchsten Bergketten. Die hier beispielsweise genannten räumlichen Verhältnisse können bisher nur als etwas thatsächlich in der Natur Daseiendes betrachtet werden. Sind die Ursachen und die Verkettung dieser Verhältnisse noch nicht ergründet, so nenne ich sie nur darum aber nicht zufällig. Sie sind das Resultat von Begebenheiten in den Himmelsräumen bei Bildung unseres Planetensystems, von geognostischen Vorgängen bei der Erhebung der äußersten Erdschichten als Kontinente und Gebirgsketten. Unsere Kenntnis von der Urzeit der physikalischen Weltgeschichte reicht nicht hoch genug hinauf, um das jetzt Daseiende als etwas Werdendes zu schildern.

Wo demnach der Kausalzusammenhang der Erscheinungen noch nicht hat vollständig erkannt werden können, ist die Lehre vom Kosmos oder die physische Weltbeschreibung nicht eine abgesonderte Disziplin aus dem Gebiet der Naturwissenschaften. Sie umfaßt vielmehr dieses ganze Gebiet, die Phänomene beider Sphären, der himmlischen und der tellurischen; aber sie umfaßt sie unter dem einigen Gesichtspunkte des Strebens nach der Erkenntnis eines Weltganzen. Wie „bei der Darstellung des Geschehenen in der moralischen und politischen Sphäre der Geschichtsforscher nach menschlicher Ansicht den Plan der Weltregierung nicht unmittelbar erspähen, sondern nur an den Ideen erahnen kann, durch die sie sich offenbaren", so durchdringt auch den Naturforscher bei der Darstellung der kosmischen Verhältnisse ein inniges Bewußtsein, daß die Zahl der welttreibenden, der gestaltenden und schaffenden Kräfte keineswegs durch das erschöpft ist, was sich bisher aus der unmittelbaren Beobachtung und Zergliederung der Erscheinungen ergeben hat.

Anmerkungen.

[1] (S. 8.) In den einleitenden Betrachtungen zum Kosmos Bd. I, S. 23, hätte nicht im allgemeinen gesagt werden sollen, daß „in den Erfahrungswissenschaften die Auffindung von Gesetzen als das letzte Ziel menschlicher Forschung erscheine". Die Beschränkung: „in vielen Gruppen der Erscheinungen", wäre notwendig gewesen. Die Vorsicht, mit welcher ich mich im zweiten Bande über das Verhältnis von Newton zu Kepler ausgedrückt habe, kann, glaube ich, keinen Zweifel darüber lassen, daß ich das Auffinden von Naturgesetzen und ihre Deutung, d. h. die Erklärung der Phänomene, nicht miteinander verwechsle. Ich sage von Kepler: „Eine reiche Fülle genauer Beobachtungen, von Tycho de Brahe geliefert, begründete die Entdeckung der ewigen Gesetze planetarischer Bewegung, die Keplers Namen einen unsterblichen Ruhm bereiteten und, von Newton gedeutet, theoretisch als notwendig erwiesen, in das Lichtreich des Gedankens (eines denkenden Erkennens der Natur) übertragen wurden"; von Newton: „Wir endigen mit der Erdgestaltung, wie sie aus theoretischen Schlüssen erkannt worden ist. Newton erhob sich zu der Erklärung des Weltsystems, weil es ihm glückte, die Kraft zu finden, von deren Wirkung die Keplerschen Gesetze die notwendige Folge sind."

[2] (S. 8.) In der denkwürdigen Stelle, in welcher Aristoteles von „den Trümmern einer früher einmal gefundenen und dann wieder verlorenen Weisheit" spricht, heißt es sehr bedeutungsvoll und frei von der Verehrung der Naturkräfte und menschenähnlicher Götter: „Vieles ist mythisch hinzugefügt, zur Ueberredung der Menge, wie auch der Gesetze und anderer nützlicher Zwecke wegen."

[3] (S. 8.) Die wichtige Verschiedenheit dieser naturphilosophischen Richtungen, τρόποι, ist klar angedeutet in Arist. Phys. auscult. I, 4, p. 187 Bekker.

[4] (S. 9.) Eine merkwürdige Stelle des Simplicius, p. 491, b, setzt die Centripetalkraft deutlichst dem Umschwunge, der Centrifugalkraft, entgegen. Sie gedenkt des „Nichtherabfallens der himmlischen Körper, wenn der Umschwung die Oberhand hat über die eigene Fallkraft, den Zug nach unten". Deshalb wird

bei Plutarch der nicht zur Erde fallende Mond mit „dem Stein in der Schleuder" verglichen.

(S. 9.) Für von dem Geiste, νους, beseelt, werden auch die Pflanzen gehalten.

[6] (S. 10.) Das Pseudo-Aristotelische Buch De Mundo, welches Manche dem Chrysippus zuschreibt, enthält ebenfalls eine sehr beredte Stelle über den Weltordner und Welterhalter.

[7] (S. 10.) Vergl. Aristot. De Anima II, 7, p. 419. In dieser Stelle ist die Analogie mit dem Schalle auf das deutlichste ausgedrückt; aber in anderen Schriften hat Aristoteles seine Theorie des Sehens mannigfach modifiziert. So heißt es De Insomniis cap. 3, p. 459 Bekker: „Es ist offenbar, daß das Sehen, wie ein Leiden, so auch eine Thätigkeit ist, und daß das Gesicht nicht allein von der Luft (dem Mittel) etwas erleidet, sondern auch in das Mittel einwirkt." Zum Beweise wird angeführt, daß ein neuer, sehr reiner Metallspiegel unter gewissen Umständen, durch den darauf geworfenen Blick einer Frau, schwer zu vertilgende Nebelflecken erhält.

[8] (S. 10.) Die wissenschaftliche Begründung dieser, wie man sieht, sehr alten Ansicht erfolgte bekanntlich erst in unseren Tagen durch Charles Darwin. [D. Herausg.]

[9] (S. 11.) Wenn im Tierreiche unter den Repräsentanten der vier Elemente auf unserer Erde einige fehlen, z. B. die, welche das Element des reinsten Feuers darstellen, so können vielleicht diese Mittelstufen im Monde vorkommen. Sonderbar genug, daß der Stagirite in einem anderen Planeten sucht, was wir als Mittelglieder der Kette in den untergegangenen Formen von Tier- und Pflanzenarten finden!

[10] (S. 11.) Die ἀντιπερίστασις des Aristoteles spielt besonders eine große Rolle in allen Erklärungen meteorologischer Prozesse; so in den Werken: De generatione et interitu, den Meteorologicis und den Problemen, die wenigstens nach Aristotelischen Grundsätzen abgefaßt sind. In der alten Polaritätshypothese κατ' ἀντιπερίστασιν ziehen sich aber gleichartige Zustände an und ungleichartige (+ und −) stoßen sich entgegengesetzt ab. Die entgegengesetzten Zustände, statt sich bindend zu vernichten, erhöhen vielmehr die Spannung. Das ψυχρόν steigert das θερμόν, sowie umgekehrt „die umgebende Wärme bei der Hagelbildung, indem das Gewölk sich in wärmere Luftschichten senkt, den kalten Körper noch kälter macht". Aristoteles erklärt durch seinen antiperistatischen Prozeß, durch Wärmepolarität, was die neuere Physik durch Leitung, Strahlung, Verdampfung, Veränderung der Wärmekapazität zu erklären weiß.

[11] (S. 11.) „Durch die Bewegung der Himmelssphäre wird alles Veränderliche in den Naturkörpern, werden alle irdischen Erscheinungen hervorgerufen."

[12] (S. 12.) Arist., Meteorol. XII, p. 1074, zu welcher Stelle

eine denkwürdige Erläuterung im Kommentar des Alexander Aphrodisiensis enthalten ist. Die Gestirne sind nicht seelenlose Körper, sie sind vielmehr als handelnde und lebendige Wesen zu betrachten. Sie sind das Göttlichere unter dem Erscheinenden, τὰ θειότερα τῶν φαινομένων. In der kleinen Pseudo-Aristotelischen Schrift De Mundo, in welcher oft eine religiöse Stimmung vorherrscht (von der erhaltenden Allmacht Gottes), wird der hohe Aether auch göttlich genannt. Was der phantasiereiche Kepler im Mysterium cosmographicum „bewegende Geister, animae motrices", nennt, ist die verworrene Idee einer Kraft (virtus), welche in der Sonne (anima mundi) ihren Hauptsitz hat, nach den Gesetzen des Lichts in der Entfernung abnimmt und die Planeten in elliptischen Bahnen umtreibt.

[11] (S. 13.) Verbrannt zu Rom am 17. Februar 1600, nach der Sentenz: Ut quam clementissime et citra sanguinis effusionem puniretur. Bruno war sechs Jahre unter den Bleidächern in Venedig, zwei Jahre in der Inquisition zu Rom gefangen gewesen. Als das Todesurteil ihm verkündigt ward, sagte der nichtgebeugte Mann die schönen, mutigen Worte: Majori forsitan cum timore sententiam in me fertis quam ego accipiam. Aus Italien flüchtig (1580), lehrte er in Genf, in Lyon, Toulouse, Paris, Oxford, Marburg, Wittenberg (das er Deutschlands Athen nennt), Prag, Helmstedt, wo er 1589 die wissenschaftliche Ausbildung des Herzogs Heinrich Julius von Braunschweig-Wolfenbüttel vollendete, und seit 1592 in Padua.

[12] (S. 13.) Ueber die große Himmelsbegebenheit des plötzlich (1572) in der Kassiopeia aufflammenden neuen Sternes hat Bruno die einzelnen Beobachtungen sorgfältig zusammengestellt. Seine naturphilosophischen Beziehungen zu zweien seiner kalabresischen Landsleute, Bernardino Telesio und Thomas Campanella, wie zu dem platonisierenden Kardinal Nikolaus Krebs aus Kusa sind in neueren Zeiten vielfach geprüft worden.

[13] (S. 14.) „Si duo lapides in aliquo loco Mundi collocarentur propinqui inviceni, extra orbem virtutis tertii cognati corporis: illi lapides ad similitudinem duorum Magneticorum corporum coirent loco intermedio, quilibet accedens ad alterum tanta intervallo, quanta est alterius *moles* in comparatione. Si luna et terra non retinerentur vi animali(?) aut alia aliqua aequipollente, quaelibet in suo circuitu, Terra adscenderet ad Lunam quinquagesima quarta parte intervalli, Luna descenderet ad Terram quinquaginta tribus circiter partibus intervalli: ibi jungerentur, posito tamen quod substantia utriusque sit unius et ejusdem densitatis." Kepler, Astronomia nova, seu Physica coelestis de Motibus Stellae Martis, 1609, Introd. fol. V.

[14] (S. 14.) „Si Terra cessaret attrahere ad se aquas suas, aquae marinae omnes elevarentur et in corpus Lunae

influerent. Orbis virtutis tractoriae, quae est in Luna, porrigitur usque ad terras, et prolectat aquas quacunque in verticem loci incidit sub Zonam torridam, quippe in occursum suum quacunque inverticem loci incidit, insensibiliter in maribus inclusis, sensibiliter ibi ubi sunt latissimi alvei Oceani propinqui, aquisque spaciosa reciprocationis libertas." (Kepler l. c.) „Undas a Luna trahi ut ferrum a Magnete . . ." Keppleri Harmonices Mundi libri quinque 1619. lib. IV, cap. 7. p. 162. Dieselbe Schrift, welche so viel Herrliches darbietet, ja die Begründung des wichtigen dritten Gesetzes (nach dem die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten sich verhalten wie die Würfel der mittleren Entfernungen), wird durch die mutwilligsten Phantasiespiele über die Respiration, die Nahrung und die Wärme des Erdtieres, über des Tieres Seele, sein Gedächtnis (memoria animae Terrae), ja seine schaffende Einbildungskraft (animae Telluris imaginatio) verunstaltet. Der große Mann hielt so fest an diesen Träumereien, daß er mit dem mystischen Verfasser des Macrocosmos, Robert Fludd aus Oxford (der an der Erfindung des Thermometers teil haben soll), über das Prioritätsrecht der Ansichten vom Erdtiere ernsthaft haderte. — Massenanziehung wird in Keplers Schriften oft mit magnetischer Anziehung verwechselt. „Corpus Solis esse magneticum. Virtutem, quae Planetas movet, residere in corpore Solis." (Stella Martis Pars III. cap. 32 und 34.) Jedem Planeten wurde eine Magnetachse zugeschrieben, welche stets nach einer und derselben Weltgegend gerichtet ist.

[17] (S. 15.) „Lunam aquis carere et aëre: Marium similitudinem in Luna nullam reperio. Nam regiones planas quae montosis multo obscuriores sunt, quasque vulgo pro maribus haberi video et oceanorum nominibus insigniri, in his ipsis, longiore telescopio inspectis, cavitates exiguas inesse comperio rotundas, umbris intus cadentibus; quod maris superficiei convenire nequit: Tum ipsi campi illi latiores non prorsus aequabilem superficiem praeferunt, cum diligentius eas intuemur. Quodcirca maria esse non possunt, sed materia constare debent minus candicante, quam quae est partibus asperioribus, in quibus rursus quaedam viridiori lumine caeteras praecellunt." Hugenii Cosmotheoros ed. alt. 1699, lib. II, p. 114. Auf dem Jupiter vermutet aber Huygens viel Sturm und Regen, denn: Ventorum flatus ex illa nubium Jovialium mutabili facie cognoscitur. Die Träume von Huygens über die Bewohner ferner Planeten, eines strengen Mathematikers eben nicht würdig, sind leider von Immanuel Kant in seinem vortrefflichen Werke: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, 1755, erneuert worden.

[18] (S. 16.) „Adjicere jam licet de spiritu quodam subtilissimo corpora crassa pervadente et in iisdem latente, cujus

vi et actionibus particulae corporum ad *minimas distantias* se mutuo *attrahunt* et contiguae factae cohaerent." Newton, Principia Phil. Nat. (ed. Le Seur et Jacquier 1760) Schol. gen. T. III, p. 676.

[19] (S. 16.) „Hactenus phaenomena caelorum et maris nostri per vim gravitatis exposui, sed causam gravitatis nondum assignavi. Oritur utique haec vis a causa aliqua, quae penetrat ad usque centra solis et planetarum, sine virtutis diminutione; quaeque agit non pro quantitate superficierum particularum, in quas agit (ut solent causae mechanicae), sed pro quantitate materiae solidae. — Rationem harum gravitatis proprietatum ex phaenomenis nondum potui deducere et hypotheses non fingo. Satis est quod gravitas revera existat et agat secundum leges a nobis expositas." Newton, Principia Phil. Nat. p. 676. — „To tell us that every species of things is endow'd with an occult specifick quality by which it acts and produces manifest effects, is to tell us nothing: but to derive two or three general principles of motion from phaenomena, and afterwards to tell us how the properties and actions of all corporeal things follow from those manifest principles, would be a very great step in Philosophy, though the causes of those principles were not yet discovered: and therefore I scruple not to propose the principles of motion and leave their causes to be found out." Newton, Opticks p. 377. Früher, Query 31, p. 351, heißt es: „Bodies act one upon another by the attraction of gravity, magnetism and electricity, and it is not improbable that there may be more attractive powers than these. How these attractions may be performed, I do not here consider. What I call attraction, may be performed by *impulse* or by some other means unknown to me. I use that word here to signify only in general any force by which bodies tend towards one another, whatsoever be the cause."

[20] (S. 17.) „I suppose the rarer aether within bodies and the denser without them." Operum Newtoni Tomus IV (ed. 1782 Sam. Horsley), p. 386, mit Anwendung auf die Erklärung der von Grimaldi entdeckten Diffraction oder Lichtbeugung. Am Schlusse des Briefes von Newton an Robert Boyle vom Februar 1667, p. 394 heißt es: „I shall set down one conjecture more which came into my mind: it is about the cause of gravity . . . . ." Auch die Korrespondenz mit Oldenburg vom Dezember 1675 beweist, daß der große Mann damals den Aetherhypothesen nicht abgeneigt war. Nach diesen sollte der Stoß des materiellen Lichtes den Aether in Schwingung setzen; die Schwingungen des Aethers allein, welcher Verwandtschaft mit einem Nervenfluidum hat, erzeugten nicht das Licht.

[21] (S. 17.) Die Erklärung, not to take gravity for an

essential property of bodies, welche Newton im second Advertisement gibt, kontraftiert mit den Attraktions- und Repulsionskräften, welche er allen Massenteilchen (molécules) zuschreibt, um nach der Emissionstheorie die Phänomene der Brechung und Zurückwerfung der Lichtstrahlen von spiegelnden Flächen „vor der wirklichen Berührung" zu erklären (Newton, Opticks Book II. Prop. 8. p. 241, und Brewster a. a. O. p. 301.) Nach Kant kann die Existenz der Materie nicht gedacht werden ohne diese Kräfte der Anziehung und Abstoßung. Alle physischen Erscheinungen sind deshalb nach ihm wie nach dem früheren Goodwin Knight auf den Konflikt der zwei Grundkräfte zurückzuführen. In den atomistischen Systemen, die Kants dynamischen Ansichten diametral entgegengesetzt sind, wurde durch eine Annahme, welche besonders durch Lavoisier sich weit verbreitete, die Anziehungkraft den diskreten starren Grundkörperchen (molécules), aus denen alle Körper bestehen sollen, die Abstoßungskraft aber den Wärmestoffatmosphären, welche die Grundkörperchen umgeben, zugeschrieben. In dieser Hypothese, welche den sogenannten Wärmestoff als eine stetig ausgedehnte Materie betrachtet, werden demnach zweierlei Materien, d. i. zweierlei Elementarstoffe, wie in der Mythe von zwei Aetherarten angenommen. Man fragt dann, was wiederum jene Wärmematerie ausdehnt? Betrachtungen über die Dichtigkeit der molécules in Vergleich mit der Dichtigkeit ihrer Aggregate (der ganzen Körper) leiten nach atomistischen Hypothesen zu dem Resultate, daß der Abstand der Grundkörperchen voneinander weit größer als ihr Durchmesser ist.

A.

Ergebnisse der Beobachtung

aus dem

uranologischen Teile

der physischen Weltbeschreibung.

Wir beginnen wieder mit den Tiefen des Weltraumes und den fernen Sporaden der Sternschwärme, welche dem teleskopischen Sehen als schwach aufglimmende Nebelflecke erscheinen. Stufenweise steigen wir herab zu den um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisenden, oft zweifarbigen Doppelsternen, zu den näheren Sternschichten, deren eine unser Planetensystem zu umschließen scheint; durch dieses Planetensystem zu dem luft- und meerumflossenen Erdsphäroid, das wir bewohnen. Es ist schon in dem Eingange des allgemeinen Naturgemäldes angedeutet worden, daß dieser Ideengang dem eigentlichen Charakter eines Werkes über den Kosmos allein angemessen ist: da hier nicht, den Bedürfnissen unmittelbarer sinnlicher Anschauung entsprechend, von dem heimischen, durch organische Kräfte auf seiner Oberfläche belebten, irdischen Wohnsitze begonnen und von den scheinbaren Bewegungen der Weltkörper zu den wirklichen übergegangen werden kann.

Das uranologische Gebiet, dem tellurischen entgegengesetzt, zerfällt bequem in zwei Abteilungen, von denen die eine die Astrognosie oder den Fixsternhimmel, die andere unser Sonnen- und Planetensystem umfaßt. Wie unvollkommen und ungenügend eine solche Nomenklatur, die Bezeichnung solcher Abteilungen ist, braucht hier nicht

wiederholt entwickelt zu werden. Es sind in den Naturwissenschaften Namen eingeführt worden, ehe man die Verschiedenartigkeit der Objekte und ihre strengere Begrenzung hinlänglich kannte. Das Wichtigste bleibt die Verkettung der Ideen und die Anreihung, nach der die Objekte behandelt werden sollen. Neuerungen in den Namen der Gruppen, Ablenkung vielgebrauchter Namen von ihrer bisherigen Bedeutung wirken entfremdend und zugleich Verwirrung erregend.

α. Astrognosie (Fixsternhimmel).

Nichts ist ruhend im Weltraum; auch die Fixsterne sind es nicht, wie zuerst Halley an Sirius, Arcturus und Aldebaran darzuthun versuchte, und die neuere Zeit unwidersprechlich bei vielen erwiesen hat. Der helle Stern im Ochsenhüter Arcturus hat in den 2100 Jahren (seit Aristillus und Hipparch), wie er beobachtet wird, um drittehalb Vollmondbreiten seinen Ort verändert gegen die benachbarten schwächeren Sterne. Encke bemerkt, „daß der Stern μ in der Kassiopeia um $3'_2$, der Stern 61 des Schwans um 6 Vollmondbreiten von ihrer Stelle gerückt erschienen sein würden, wenn die alten Beobachtungen genau genug gewesen wären, um es anzuzeigen". Schlüsse, auf Analogieen gegründet, berechtigen zu der Vermutung, daß überall fortschreitende und auch wohl rotierende Bewegung ist. Der Name *Fixstern* leitet auf irrige Voraussetzungen; man mag ihn in seiner ersten Deutung bei den Griechen auf das *Eingeheftetsein* in den kristallenen Himmel, oder nach späterer, mehr römischer Deutung auf das *Feste, Ruhende* beziehen. Eine dieser Ideen mußte zu der anderen führen. Im griechischen Altertum, wenigstens hinaufreichend bis Anaximenes aus der ionischen Schule oder bis zu dem Pythagoreer Alkmäon, wurden alle Gestirne eingeteilt in *wandelnde* (ἄστρα πλανώμενα oder πλανητά) und in *nicht wandelnde*, feste Sterne (ἀπλανεῖς ἀστέρες oder ἀπλανῆ ἄστρα). Neben dieser allgemein gebrauchten Benennung der Fixsterne, welche Macrobius im Somnium Scipionis durch Sphaera aplanes latinisiert, findet sich bei Aristoteles mehrfach (als wolle er einen neuen terminus technicus durchführen) für Fixsterne der Name *eingehefteter* Gestirne, ἐνδεδεμένα ἄστρα, statt ἀπλανῆ.[1] Aus dieser Wortform sind

entstanden: bei Cicero sidera infixa coelo; bei Plinius stellas, quas putamus affixas; ja bei Manilius astra fixa, ganz wie unsere Fixsterne. Die Idee des Eingeheftetseins leitete auf den Nebenbegriff der Unbeweglichkeit, des Fest-an-einer-Stelle-bleibens, und so wurde das ganze Mittelalter hindurch, in lateinischen Uebersetzungen, die ursprüngliche Bedeutung des Worts infixum oder affixum sidus nach und nach verdrängt und die Idee der Unbeweglichkeit allein festgehalten. Den Anstoß dazu finden wir schon in der sehr rhetorischen Stelle des Seneca (Nat. Quaest. VII, 25) über die Möglichkeit neue Planeten zu entdecken: „Credis autem in hoc maximo et pulcherrimo corpore inter innumerabiles stellas, quae noctem decore vario distinguunt, quae aëra minime vacuum et inertem esse patiuntur, quinque solas esse, quibus exercere se liceat; *ceteras stare, fixum et immobilem populum?*“ Dies stille, unbewegliche Volk ist nirgends zu finden.

Um die Hauptresultate wirklicher Beobachtung und die Schlüsse oder Vermutungen, zu welchen diese Beobachtungen führen, bequem in Gruppen zu verteilen, sondere ich in der astrognostischen Sphäre der Weltbeschreibung voneinander ab:

1) die Betrachtungen über den Weltraum und was ihn zu erfüllen scheint;

2) das natürliche und teleskopische Sehen, das Funkeln der Gestirne, die Geschwindigkeit des Lichts und die photometrischen Versuche über die Intensität des Sternenlichtes;

3) die Zahl, Verteilung und Farbe der Sterne; die Sternhaufen (Sternschwärme) und die Milchstraße, welche mit wenigen Nebelflecken gemengt ist;

4) die neuerschienenen und die verschwundenen Sterne, die periodisch veränderlichen;

5) die eigene Bewegung der Fixsterne, die problematische Existenz dunkeler Weltkörper, die Parallaxe und gemessene Entfernung einiger Fixsterne;

6) die Doppelsterne und die Zeit ihres Umlaufs um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt;

7) die Nebelflecke, welche in den Magelhaensschen Wolken mit vielen Sternhaufen vermischt sind; die schwarzen Flecken (Kohlensäcke) am Himmelsgewölbe.

I.

Der Weltraum, und Vermutungen über das, was den Weltraum zwischen den Gestirnen zu erfüllen scheint.

Man ist geneigt, die physische Weltbeschreibung, wenn sie von dem anhebt, was die fernsten Himmelsräume zwischen den geballten Weltkörpern ausfüllt und unseren Organen unerreichbar bleibt, mit den mythischen Anfängen der Weltgeschichte zu vergleichen. In der unendlichen Zeit wie im unendlichen Raume erscheint alles in ungewissem, oft täuschendem Dämmerlichte. Die Phantasie ist dann zweifach angeregt, aus eigener Fülle zu schöpfen und den unbestimmten, wechselnden Gestalten Umriß und Dauer zu geben. Ein solches Geständnis kann genügen, denke ich, um vor dem Vorwurf zu bewahren, das, was durch unmittelbare Beobachtung oder Messung zu einer mathematischen Gewißheit erhoben worden, mit dem zu vermischen, was auf sehr unvollständige Induktionen gegründet ist. Wilde Träume gehören in die Romantik der physischen Astronomie. Ein durch wissenschaftliche Arbeiten geübter Sinn verweilt aber gern bei solchen Fragen, welche, in genauem Zusammenhange mit dem damaligen Zustande unseres Wissens, wie mit den Hoffnungen, welcher dieser Zustand erregt, schon von den ausgezeichnetsten Astronomen unserer Zeit einer ernsten Erörterung wert gehalten worden sind.

Durch den Einfluß der Gravitation oder allgemeinen Schwere, durch Licht und strahlende Wärme stehen wir, wie man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen kann, in Verkehr nicht bloß mit unserer Sonne, sondern auch mit allen anderen leuchtenden Sonnen des Firmaments. Die wichtige Entdeckung von dem Widerstande, welchen ein, den Weltraum füllendes Fluidum einem Kometen von fünfjähriger Umlaufszeit meßbar entgegensetzt, hat sich durch die genaue Uebereinstimmung der numerischen Verhältnisse vollständig bewährt. Auf Analogieen gegründete Schlüsse können einen Teil der weiten Luft ausfüllen, welche die sicheren Resultate einer mathematischen Naturphilosophie von den Ahnungen trennt, die auf die äußersten, und darum sehr nebeligen und öden Grenzen aller wissenschaftlichen Gedankenentwickelung gerichtet sind.

Aus der Unendlichkeit des Weltraums, die freilich von Aristoteles bezweifelt ward, folgt seine Unermeßlichkeit. Nur einzelne Teile sind meßbar geworden; und die, alle unsere Fassungskraft überschreitenden Resultate der Messung werden gern von denen zusammengestellt, welche an großen Zahlen eine kindliche Freude haben, ja wohl gar wähnen durch staunen- und schreckenerregende Bilder physischer Größe den Eindruck der Erhabenheit astronomischer Studien vorzugsweise zu erhöhen. Die Entfernung des 61. Sterns des Schwans von der Sonne ist 657 000 Halbmesser der Erdbahn, und das Licht braucht etwas über 10 Jahre, um diese Entfernung zu durchlaufen, während es in 8′ 16″,78 von der Sonne zur Erde gelangt. Sir John Herschel vermutet nach einer sinnreichen Kombination photometrischer Schätzungen, daß Sterne des großen Ringes der Milchstraße, die er im 20füßigen Teleskop aufglimmen sah, wären es neu entstandene leuchtende Weltkörper, an 2000 Jahre gebraucht haben würden, um uns den ersten Lichtstrahl zuzusenden. Alle Versuche, solche numerischen Verhältnisse anschaulich zu machen, scheitern entweder an der Größe der Einheit, wodurch sie gemessen werden sollen oder an der Größe der Zahl aus den Wiederholungen dieser Einheit. Bessel sagte sehr wahr: daß „die Entfernung, welche das Licht in einem Jahre durchläuft, nicht anschaulicher für uns ist als die Entfernung, die es in zehn Jahren zurücklegt. Dazu verfehlt ihren Zweck jede Bemühung, eine Größe zu versinnlichen, welche alle auf der Erde zugänglichen weit überschreitet". Die unsere Fassungskraft bedrängende Macht der Zahlen bietet sich uns in den kleinsten Organismen des Tierlebens wie in der Milchstraße der selbstleuchtenden Sonnen dar, die wir Fixsterne nennen. Welche Masse von Polythalamien schließt nicht nach Ehrenberg eine dünne Kreideschichte ein! Von der mikroskopischen Galionella distans enthält ein Kubikzoll nach diesem großen Naturforscher in der 40 Fuß (13 m) hohen Bergkuppe des Biliner Polierschiefers 41 000 Millionen Einzeltiere. Von Galionella ferruginea enthält der Kubikzoll über 1 Billion 750 000 Millionen Individuen. Solche Schätzungen erinnern an den Arenarius (Ψαμμίτης) des Archimedes, an die Sandkörner, welche den Weltraum ausfüllen könnten! Mahnen am Sternenhimmel die Eindrücke von nicht auszusprechenden Zahlen und räumlicher Größe, von Dauer und langen Zeitperioden den Menschen an seine Kleinheit, an seine physische Schwäche, an das

Ephemere seiner Existenz, so erhebt ihn freudig und kräftigend wieder das Bewußtsein, durch Anwendung und glückliche Selbstentwickelung der Intelligenz schon so vieles und so wichtiges von der Gesetzmäßigkeit der Natur, von der siderischen Weltordnung erforscht zu haben.

Wenn die Weiträume, welche die Gestirne voneinander trennen, nicht leer,[3] sondern mit irgend einer Materie gefüllt sind, wie nicht bloß die Fortpflanzung des Lichtes, sondern auch eine besondere Art seiner Schwächung, das auf die Umlaufszeit des Enckischen Kometen wirkende widerstehende (hemmende) Mittel und die Verdunstung zahlreicher und mächtiger Kometenschweife zu beweisen scheinen, so müssen wir aus Vorsicht gleich hier in Erinnerung bringen, daß unter den unbestimmten jetzt gebrauchten Benennungen: Himmelsluft, kosmische (nicht selbstleuchtende) Materie, und Weltäther, die letzte, uns aus dem frühesten süd- und westasiatischen Altertume überkommen, im Laufe der Jahrhunderte nicht ganz dieselben Ideen bezeichnet hat. Bei den indischen Naturphilosophen gehört der Aether (ákâ'sa) zum Fünftum (pantschatâ), d. h. er ist eins von den fünf Elementen: ein Fluidum unendlicher Feinheit, welches das Universum, das ganze Weltall durchdringt, sowohl der Anreger des Lebens als das Fortpflanzungsmittel des Schalles.[4] Etymologisch bedeutet ákâ'sa nach Bopp „leuchtend, glänzend, und steht demnach in seiner Grundbedeutung dem Aether der Griechen so nahe, als Leuchten dem Brennen steht".

Dieser Aether (αἰθήρ) war nach den Dogmen der ionischen Naturphilosophie, nach Anaxagoras und Empedokles, von der eigentlichen, gröberen (dichteren), mit Dünsten gefüllten Luft (ἀήρ), die den Erdkreis umgibt „und vielleicht bis zum Monde reicht", ganz verschieden. Er war „feuriger Natur, eine reine Feuerluft: hellstrahlend,[5] von großer Feinheit (Dünne) und ewiger Heiterkeit". Mit dieser Definition stimmt vollkommen die etymologische Ableitung von brennen (αἴθειν), die später sonderbar genug aus Vorliebe für mechanische Ansichten, wegen des beständigen Umschwunges und Kreislaufes, von Plato und Aristoteles wortspielend in eine andere (ἀεὶ θεῖν) umgewandelt wurde.[6] Der Begriff der Feinheit und Dünne des hohen Aethers scheint nicht etwa Folge der Kenntnis reiner, von schweren Erddünsten mehr befreiter Bergluft, oder gar der mit der Höhe abnehmenden Dichte der Luftschichten gewesen zu sein. Insofern die Elemente der Alten

weniger Stoffverschiedenheiten oder gar Einfachheit (Unzerlegbarkeit) von Stoffen als *Zustände der Materie* ausdrücken, wurzelt der Begriff des hohen Aethers (der feurigen Himmelsluft) in dem ersten und normalen Gegensatze von *schwer* und *leicht*, von *unten* und *oben*, von *Erde* und *Feuer*. Zwischen diesen Extremen liegen zwei *mittlere Elementarzustände*: Wasser, der schweren Erde, Luft, dem leuchtenden Feuer näher.[7]

Der Aether des Empedokles hat als ein den Weltraum füllendes Mittel nur durch Feinheit und Dünne Analogie mit dem Aether, durch dessen Transversalschwingungen die neuere Physik die Fortpflanzung des Lichtes und alle Eigenschaften desselben (doppelte Brechung, Polarisation, Interferenz) so glücklich nach rein mathematischer Gedankenentwickelung erklärt. In der Naturphilosophie des Aristoteles wird dazu noch gelehrt, daß der ätherische Stoff alle lebendigen Organismen der Erde, Pflanzen und Tiere, durchdringe; daß er ihnen das Prinzip der Lebenswärme, ja der Keim eines seelischen Prinzips werde, welches unvermischt mit dem Körper die Menschen zur Selbstthätigkeit anfache. Diese Phantasieen ziehen den Aether aus dem höheren Weltraum in die irdische Sphäre herab; sie zeigen ihn als eine überaus feine, den Luftkreis und starre Körper kontinuierlich *durchdringende* Substanz, ganz wie den schwingenden Lichtäther bei Huygens, Hooke und den jetzigen Physikern. Was aber zunächst beide Hypothesen des Aethers, die ältere ionische und die neuere, voneinander unterscheidet, ist die ursprüngliche, wenn auch von Aristoteles nicht ganz geteilte Annahme des Selbstleuchtens. Die hohe Feuerluft des Empedokles wird ausdrücklich *hellstrahlend* (παμφανόων) genannt, und bei gewissen Erscheinungen von den Erdbewohnern durch Spalten und Risse (χάσματα), die in dem Firmamente sich bilden, in Feuerglanz gesehen.

Bei dem jetzt so vielfach erforschten innigen Verkehr zwischen Licht, Wärme, Elektrizität und Magnetismus wird es für wahrscheinlich gehalten, daß, wie die Transversalschwingungen des den Weltraum erfüllenden Aethers die Erscheinungen des Lichts erzeugen, die thermischen und elektromagnetischen Erscheinungen auf analogen Bewegungsarten (Strömungen) beruhen. Große Entdeckungen über diese Gegenstände bleiben der Zukunft vorbehalten. Das *Licht* und die von diesem unzertrennliche, *strahlende* Wärme sind für die

nicht selbstleuchtenden Weltkörper, für die Oberfläche unseres Planeten eine Haupturſache aller Bewegung und alles organischen Lebens.“ Selbst fern von der Oberfläche, im Inneren der Erdrinde, ruft die eindringende Wärme elektromagnetische Strömungen hervor, welche auf Stoffverbindungen und Stoffzerſetzungen, auf alle gestaltende Thätigkeit im Mineralreiche, auf die Störung des Gleichgewichts in der Atmosphäre, wie auf die Funktionen vegetabilischer und animalischer Organismen ihren anregenden Einfluß ausüben. Wenn in Strömungen bewegte Elektrizität magnetische Kräfte entwickelt, wenn nach einer früheren Hypotheſe von Sir William Herschel die Sonne selbst sich in dem Zuſtande „eines perpetuierlichen Nordlichts“ (ich würde sagen eines elektromagnetischen Gewitters) befände, so wäre es nicht ungeeignet, zu vermuten, daß auch in dem Weltraume das durch Aetherschwingungen fortgepflanzte Sonnenlicht von elektromagnetischen Strömungen begleitet sei.

Unmittelbare Beobachtung der periodischen Veränderung in der Deklination, Inklination und Intenſität hat freilich bisher in dem Erdmagnetismus bei den verschiedenen Stellungen der Sonne [ſ. Zuſätze am Schluß d. Bd.] oder des uns nahen Mondes keinen Einfluß mit Sicherheit offenbart. Die magnetische Polarität der Erde zeigt nicht Gegenſätze, welche sich auf die Sonne beziehen und welche die Vorrückung der Nachtgleichen bemerkbar affiziert. Nur die merkwürdige drehende oder schwingende Bewegung des ausſtrömenden Lichtkegels des Halleyschen Kometen, welche Beſſel vom 12. zum 22. Oktober 1835 beobachtete und zu deuten verſuchte, hatte diesen großen Astronomen von dem Daſein einer Polarkraft, „von der Wirkung einer Kraft überzeugt, welche von der Gravitation oder gewöhnlichen anziehenden Kraft der Sonne bedeutend verschieden sei, weil diejenigen Teile des Kometen, welche den Schweif bilden, die Wirkung einer abſtoßenden Kraft des Sonnenkörpers erfahren“. Auch der prachtvolle Komet von 1744, den Heinſius beschrieben, hatte bei meinem verewigten Freunde zu ähnlichen Vermutungen Anlaß gegeben.

Für minder problematisch als die elektromagnetischen Phänomene im Weltraum werden die Wirkungen der ſtrahlenden Wärme gehalten. Die Temperatur des Weltraums iſt nach Fourier und Poiſſon das Reſultat der Wärmeſtrahlung der Sonne und aller Geſtirne, vermindert durch die Abſorption, welche die Wärme erleidet, indem ſie den „mit Aether“

gefüllten Raum durchläuft.[9] Dieser Sternenwärme geschieht schon bei den Alten (bei Griechen und Römern)[10] mehrfach Erwähnung, nicht bloß weil nach einer allgemein herrschenden Voraussetzung die Gestirne der Region des feurigen Aethers angehören, sondern weil sie selbst feuriger Natur, ja nach der Lehre des Aristarch von Samos Fixsterne und Sonne einer Natur sind. In der neuesten Zeit ist durch die zwei großen französischen Mathematiker, welche wir eben genannt, das Interesse für die ungefähre Bestimmung der Temperatur der Welträume um so lebhafter angeregt worden, als man endlich eingesehen hat, wie wichtig diese Bestimmung wegen Wärmestrahlung der Erdoberfläche gegen das Himmelsgewölbe für alle thermischen Verhältnisse, ja man darf sagen für die ganze Bewohnbarkeit unseres Planeten ist. Nach der analytischen Theorie der Wärme von Fourier ist die Temperatur des Weltraums (des espaces planétaires ou célestes) etwas unter der mittleren Temperatur der Pole, vielleicht selbst noch unter dem größten Kältegrade, welchen man bisher in den Polargegenden beobachtet hat. Fourier schätzt sie demnach auf — 50° bis — 60° Cent. (— 40° bis 48° Reaum. unter dem Gefrierpunkte). Der Eispol (pôle glacial), Punkt der größten Kälte, fällt ebensowenig mit dem Erdpole zusammen, als der Wärmeäquator (équateur thermal), der die wärmsten Punkte aller Meridiane verbindet, mit dem geographischen Aequator. Der nördliche Erdpol ist, aus der allmählichen Abnahme der Mitteltemperaturen geschlossen, nach Arago — 25°, wenn das Maximum der im Januar 1834 im Fort Reliance (Br. 62° 46′) von Kapitän Back gemessenen Kälte (— 56,6° — 45,3° Reaum.) war.[11] Die niedrigste uns bekannte Temperatur, welche man bisher auf der Erde überhaupt wahrgenommen hat, ist wohl die zu Jakutsk (Br. 62° 2′) am 21. Januar 1838 von Neveroff beobachtete. Der in allen seinen Arbeiten so genaue Middendorff hatte die Instrumente des Beobachters mit den seinigen verglichen. Neveroff fand die Kälte des genannten Tages — 60° Cent. (— 48° R.).

Zu den vielen Gründen der Unsicherheit eines numerischen Resultats für den thermischen Zustand des Weltraums gehört auch der, daß man bisher nicht vermag, das Mittel aus den Temperaturangaben der Eispole beider Hemisphären zu ziehen, da wir mit der Meteorologie des Südpols, welche die mittleren Jahrestemperaturen entscheiden soll, noch so wenig bekannt sind. Die Behauptung Poissons, daß wegen

der ungleichen Verteilung der wärmestrahlenden Sterne die verschiedenen Regionen des Weltraums eine sehr verschiedene Temperatur haben, und daß der Erdkörper während der Bewegung des ganzen Sonnensystems, warme und kalte Regionen durchwandernd, von außen seine innere Wärme erhalten habe,'' hat für mich eine sehr geringe physikalische Wahrscheinlichkeit.

Ob der Temperaturzustand des Weltraumes, ob die Klimate der einzelnen Regionen desselben in dem Lauf der Jahrtausende großen Veränderungen ausgesetzt sind, hängt vorzüglich von der Lösung eines von Sir William Herschel lebhaft angeregten Problemes ab: sind die Nebelflecke fortschreitenden Gestaltungsprozessen unterworfen, indem sich in ihnen der Weltdunst um einen oder um mehrere Kerne, nach Attraktionsgesetzen, verdichtet? Durch eine solche Verdichtung des kosmischen Nebels nämlich muß, wie bei jedem Uebergange des Gasförmigen und Flüssigen zum Starren, Wärme entbunden werden. Wenn nach den neuesten Ansichten, nach den wichtigen Beobachtungen von Lord Rosse und Bond, es wahrscheinlich wird, daß alle Nebelflecke, selbst die, welche durch die größte Kraft der optischen Instrumente noch nicht ganz aufgelöst wurden, dicht zusammengedrängte Sternschwärme sind, so wird der Glaube an diese perpetuierlich anwachsende Wärmeerzeugung allerdings etwas erschüttert. Aber auch kleine starre Weltkörper, die in Fernröhren als unterscheidbare leuchtende Punkte aufglimmen, können zugleich ihre Dichte verändern, indem sie sich zu größeren Massen verbinden; ja viele Erscheinungen, welche unser eigenes Planetensystem darbietet, leiten zu der Annahme, daß die Planeten aus einem dunstförmigen Zustande erstarrt sind, daß ihre innere Wärme dem Gestaltungsprozesse der geballten Materie ihren Ursprung verdankt.

Es muß auf den ersten Anblick gewagt erscheinen, eine so grausenvoll niedrige Temperatur des Weltraums, welche zwischen dem Gefrierpunkt des Quecksilbers und dem des Weingeistes liegt, den bewohnbaren Klimaten des Erdkörpers, dem Pflanzen- und Tierleben, wenn auch nur mittelbar, wohlthätig zu nennen; aber um die Richtigkeit des Ausdrucks zu begründen, braucht man nur an die Wirkung der Wärmeausstrahlung zu denken. Unsere durch den Sonnenkörper erwärmte Erdoberfläche und der Luftkreis selbst bis zu seinen obersten Schichten strahlen frei gegen den Himmels-

raum. Der Wärmeverlust, den sie erleiden, entsteht aus dem thermischen Unterschiede des Himmelsraums und der Luftschichten, aus der Schwäche der Gegenstrahlung. Wie ungeheuer[13] würde dieser Verlust sein, wenn der Weltraum, statt der Wärme, welche wir durch — 60° eines Quecksilberthermometers nach Centesimalgraden bezeichnen, eine viel niedrigere, z. B. — 800°, oder gar eine mehrere tausendmal geringere Temperatur hätte!

Es bleibt uns übrig, noch zwei Betrachtungen über das Dasein eines den Weltraum füllenden Fluidums zu entwickeln, von denen die eine, schwächer begründete, auf eine beschränkte Durchsichtigkeit des Weltraums, die andere, auf unmittelbare Beobachtung gestützt und numerische Resultate liefernd, sich auf die regelmäßig verkürzte Umlaufszeit des Enckischen Kometen bezieht. Olbers in Bremen und, wie Struve bemerkt, achtzig Jahre früher Loys de Cheseaux in Genf machten auf das Dilemma aufmerksam: es müsse, da man sich in dem unendlichen Weltraume keinen Punkt denken könne, der nicht einen Fixstern, d. i. eine Sonne darböte, entweder das ganze Himmelsgewölbe, wenn das Licht vollständig ungeschwächt zu uns gelangte, so leuchtend als unsere Sonne erscheinen, oder, wenn dem nicht so sei, eine Lichtschwächung im Durchgang durch den Weltraum angenommen werden, eine Abnahme der Lichtintensität in stärkerem Maße als in dem umgekehrten Verhältnis des Quadrats der Entfernung. Indem wir nun einen solchen den ganzen Himmel fast gleichförmig bedeckenden Lichtglanz, dessen auch Halley nach einer von ihm verworfenen Hypothese gedenkt, nicht bemerken, so muß, nach Cheseaux, Olbers und Struve, der Weltraum keine vollkommene und absolute Durchsichtigkeit haben. Resultate, die Sir William Herschel aus Sternеichungen und aus sinnreichen Untersuchungen über die raumdurchdringende Kraft seiner großen Fernröhre gezogen, scheinen zu begründen, daß, wenn das Licht des Sirius auf seinem Wege zu uns durch ein gasförmiges oder ätherisches Fluidum auch nur um $^1/_{800}$ geschwächt würde, diese Annahme, welche das Maß der Dichtigkeit eines lichtschwächenden Fluidums gäbe, schon hinreichen könnte, die Erscheinungen, wie sie sich darbieten, zu erklären. Unter den Zweifeln, welche der berühmte Verfasser der neuen Outlines of Astronomy gegen Olbers und Struve aufstellt, ist einer der wichtigsten, daß sein zwanzigfüßiges Teleskop in

dem größten Teile der Milchstraße, in beiden Hemisphären, ihm die kleinsten Sterne auf schwarzem Grunde projiziert[14] zeigt.

Einen besseren und, wie schon oben gesagt, durch unmittelbare Beobachtung begründeten Beweis von dem Dasein eines widerstandleistenden hemmenden Fluidums liefern der Enckische Komet und die scharfsinnigen, so wichtigen Schlußfolgen, auf welche derselbe meinen Freund geleitet hat. Das hemmende Mittel muß aber von dem alles durchdringenden Lichtäther verschieden gedacht werden, weil dasselbe nur Widerstand leisten kann, indem es das Starre nicht durchdringt. Die Beobachtungen erfordern zur Erklärung der verminderten Umlaufszeit (der verminderten großen Achse der Ellipse) eine Tangentialkraft, und die Annahme des widerstehenden Fluidums gewährt diese am direktesten.[15] Die größte Wirkung äußert sich in den nächsten 25 Tagen vor dem Durchgange des Kometen durch das Perihel, und in den 25 Tagen, welche auf den Durchgang folgen. Der Wert der Konstante ist also etwas verschieden, weil nahe am Sonnenkörper die so dünnen, aber doch gravitierenden Schichten des hemmenden Fluidums dichter sind. Olbers behauptete, daß das Fluidum nicht in Ruhe sein könne, sondern rechtläufig um die Sonne rotiere; und deshalb müsse der Widerstand gegen rückläufige Kometen, wie der Hallesche, ganz anders sein als gegen den rechtläufigen Enckischen Kometen. Die Perturbationsrechnungen bei Kometen von langem Umlaufe und die Verschiedenheit der Massen und Größen der Kometen verwickeln die Resultate und verhüllen, was einzelnen Kräften zuzuschreiben sein könnte.

Die dunstartige Materie, welche den Ring des Tierkreislichtes bildet, ist, wie Sir John Herschel sich ausdrückt, vielleicht nur der dichtere Teil des kometenhemmenden Fluidums selbst. Wenn auch schon erwiesen wäre, daß alle Nebelflecke nur undeutlich gesehene zusammengedrängte Sternschwärme sind, so steht doch wohl die Thatsache fest, daß eine Unzahl von Kometen durch das Verdunsten ihrer bis 14 Millionen Meilen langen Schweife den Weltraum mit Materie erfüllen. Arago hat aus optischen Gründen sinnreich gezeigt,[16] wie die veränderlichen Sterne, welche immer weißes Licht und in ihren periodischen Phasen nie eine Färbung zeigen, ein Mittel darbieten könnten, die obere Grenze der Dichtigkeit zu bestimmen, welche dem Weltäther zuzuschreiben ist, wenn man den-

selben in seinem Brechungsvermögen den gasförmigen irdischen Flüssigkeiten gleich setzt.

Mit der Frage von der Existenz eines ätherischen Fluidums, welches die Welträume füllt, hängt auch die, von Wollaston so lebhaft angeregte, über die Begrenzung der Atmosphäre zusammen, eine Begrenzung, welche in der Höhe stattfinden muß, wo die spezifische Elastizität der Luft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt. Faradays scharfsinnige Versuche über die Grenze einer Quecksilberatmosphäre (über die Höhe, welche an Goldblättchen niedergeschlagene Quecksilberdämpfe in luftvollem Raume kaum zu erreichen scheinen) haben der Annahme einer bestimmten Oberfläche des Luftkreises, „gleich der Oberfläche der Meere", ein größeres Gewicht gegeben. Kann aus dem Weltraum sich etwas Gasartiges unserem Luftkreise beimischen und meteorologische Veränderungen hervorbringen? Newton [17] hat die Frage meist bejahend berührt. Wenn man Sternschnuppen und Meteorsteine für planetarische Asteroiden hält, so darf man wohl die Vermutung wagen, daß mit den Strömen des sogenannten Novemberphänomens, wo 1799, 1833 und 1834 Myriaden von Sternschnuppen das Himmelsgewölbe durchkreuzten, ja Nordlichterscheinungen gleichzeitig beobachtet wurden, der Luftkreis etwas aus dem Weltraum empfangen hat, das ihm fremd war und elektromagnetische Prozesse anregen konnte.

Anmerkungen.

[1] (S. 26.) Die Hauptstelle für den technischen Ausdruck ἐνδεδεμένα ἄστρα ist Aristot. De Coelo II, 8. p. 289 lin. 34. p. 290 lin. 19 Bekker. Es hatte diese Veränderung der Nomenklatur schon früher bei meinen Untersuchungen über die Optik des Ptolemäus und seine Versuche über die Strahlenbrechung meine Aufmerksamkeit lebhaft auf sich gezogen. Herr Professor Franz, dessen philologische Gelehrsamkeit ich oft und gern benutze, erinnert, daß auch Ptolemäus von den Fixsternen sagt: ὥςπερ προςπεφυκότες, wie angeheftet. Ueber den Ausdruck σφαῖρα ἀπλανής (orbis inerrans) bemerkt Ptolemäus tadelnd: „Insofern die Sterne ihre Abstände stets zu einander bewahren, können wir sie mit Recht ἀπλανεῖς nennen; insofern aber die ganze Sphäre, in welcher sie gleichsam angewachsen ihren Lauf vollenden, eine eigentümliche Bewegung hat, ist die Benennung ἀπλανής für die Sphäre wenig passend."

[2] (S. 29.) [Die Umrechnung der in Pariser Fuß gemachten Angaben der Teleskoplängen in das Metermaß wird hier und in den nachfolgenden Seiten als unwesentlich unterlassen. Zwanzig Par. Fuß = 6,5 m. D. Herausg.]

[3] (S. 30.) Schon Aristoteles beweist gegen Leukipp und Demokrit, daß es in der Welt keinen nicht erfüllten Raum, kein Leeres gibt.

[4] (S. 30.) „Âkâ'sa ist nach Wilsons Sanskrit-Wörterbuch: the subtle and aetherial fluid, supposed to fill and pervade the Universe, and to be the peculiar vehicle of life and sound. Das Wort âkâ'sa (leuchtend, glänzend) kommt von der Wurzel kâ's, leuchten, in Verbindung mit der Präposition â. Das Fünftum aller Elemente heißt pantschatâ oder pantschatra; und der Tote wird sonderbar genug erlangtes Fünftum habend (prâptapantschatra), d. i. in die fünf Elemente aufgelöst, genannt. So im Text des Amarakoscha, Amarasinhas Wörterbuchs." (Bopp.) — Von den fünf Elementen handelt Colebrookes vortreffliche Abhandlung über die Sânkhya-Philosophie in den Transactions of the Asiat. Soc. Vol. I. Lond. 1827. p. 31. Auch Strabo erwähnt schon nach Megasthenes des alles gestaltenden fünften Elementes der Inder, ohne es jedoch zu nennen.

[5] (S. 30.) Empedokles nennt den Aether παμφανόων. hellstrahlend, also selbstleuchtend.

[6] (S. 30.) Plato, Cratyl. 410 B, wo ἀιθὴρ vorkommt. Aristot. De Coelo I, 3, pag. 270 gegen Anaxagoras: αἰθέρα προσωνόμασαν τὸν ἀνωτάτω τόπον, ἀπὸ τοῦ θεῖν ἀεὶ τὸν ἀίδιον χρόνον θέμενοι τὴν ἐπωνυμίαν αὐτῷ. Ἀναξαγόρας δὲ καταχρηται τῷ ὀνόματι τούτῳ οὐ καλῶς ὀνομάζει γὰρ αἰθέρα ἀντὶ πυρός. Umständlicher heißt es in Aristot. Meteor. I. 3, pag. 339: „Der sogenannte Aether hat eine uralte Benennung, welche Anaxagoras mit dem Feuer zu identifizieren scheint, denn die obere Region sei voll Feuer; und jener hielt es mit dieser Region so, daß er sie für Aether ansah; darin hat er auch recht. Denn den ewig im Lauf begriffenen Körper scheinen die Alten für etwas von Natur Göttliches angesehen und deshalb Aether genannt zu haben, als eine Substanz, welche bei uns nichts Vergleichbares hat. Diejenigen aber, welche den umgebenden Raum, nicht bloß die darin sich bewegenden Körper, für Feuer und, was zwischen Erde und den Gestirnen ist, für Luft halten, würden von diesem kindischen Wahn wohl ablassen, wenn sie die Resultate der neueren Forschungen der Mathematiker genau betrachten wollten." (Eben diese Etymologie des Wortes vom schnellen Umlaufe wiederholt der aristotelische oder stoische Verfasser des Buches De Mundo.) Professor Franz hat mit Recht bemerkt, „daß das Wortspiel von dem im ewigen Lauf begriffenen Körper (σῶμα ἀεὶ θεῖον) und vom Göttlichen (θεῖον), dessen die Meteorologica erwähnen, auffallend bezeichnend sei für die griechische Phantasie, und ein Zeugnis mehr gebe für die so wenig glückliche Behandlung der Etymologik bei den Alten." — Professor Buschmann macht auf ein Sanskritwort âschtra für Aether, Luftkreis aufmerksam, das dem griechischen αἰθὴρ sehr ähnlich sieht und schon von Vans Kennedy mit ihm zusammengestellt worden ist; es läßt sich auch für dieses Wort eine Wurzel (as. asch) anführen, welcher von den Indern die Bedeutung von glänzen, leuchten beigelegt wird.

[7] (S. 31.) Wenn der Stagirite dem Aether den Namen eines fünften Elements versagt, was freilich Ritter und Martin leugnen, so ist es nur, weil nach ihm dem Aether, als Zustand der Materie, ein Gegensatz fehlt. Bei den Pythagoreern ward der Aether als ein fünftes Element durch den fünften der regelmäßigen Körper, das aus 12 Pentagonen zusammengesetzte Dodekaeder, vorgestellt.

[8] (S. 32.) Vgl. die schöne Stelle über den Einfluß der Sonnenstrahlen in John Herschel, Outlines of Ast. p. 237: „By the vivifying action of the sun's rays vegetables are enabled to draw support from inorganic matter and become, in their turn, the support of animals and of man, and the courses of those *great deposits of dynamical efficiency which are laid up for human use in our coal strata.* By them the waters of the sea are made to circulate in vapour through

the air, and irrigate the land, producing springs and rivers. By them are produced all disturbances of the chemical equilibrium of the elements of nature, which, by a series of compositions and decompositions, give rise to new products, and originate a transfer of materials . . . . . .

[9] (S. 33.) Numerische Schätzungen des Verlustes, welchen durch Absorption die Sternenwärme (chaleur stellaire) im Aether des Weltraums erleidet, versucht Poisson, Théorie mathématique de la Chaleur p. 436, 447 und 521.

[10] (S. 33.) Ueber die wärmende Kraft der Sterne s. Aristot. Meteor. I, 3. p. 340; und Seneca über die Höhe der Schichten des Luftkreises, welche das Minimum der Wärme haben, in Nat. Quaest. II, 10: „superiora enim aëris calorem vicinorum siderum sentiunt . . .“

[11] (S. 33.) Swanberg findet aus Diskussionen über Strahlenbrechung für die Temperatur des Weltraums — 50,3°; Arago aus Polarbeobachtungen — 56,7°; Péclet — 600, Saigey durch die Wärmeabnahme in der Atmosphäre aus 367 meiner Beobachtungen in der Andeskette und in Mexiko — 65°, durch Thermometermessungen am Montblanc und bei der aëroſtatiſchen Reiſe von Gay-Luſſac — 77°; Sir John Herſchel — 132° F., alſo — 91° Cent. Wie Poiſſon, da die Mitteltemperatur von Melville-Inſel (Br. 74° 47′) ſchon 18,7° iſt, für den Weltraum aus rein theoretiſchen Gründen, nach denen der Weltraum wärmer als die äußere Grenze der Atmoſphäre ſein ſoll, nur — 13°, und dagegen Pouillet nach aktinometriſchen Verſuchen gar — 142° finden, muß wunder nehmen und in dieſen intereſſanten Spekulationen das Vertrauen zu den bisher eingeſchlagenen Wegen mindern.

[12] (S. 34.) Nach Poiſſon hat die Erhärtung der Erdſchichten von dem Centrum angefangen, und iſt von dieſem zur Oberfläche allmählich fortgeſchritten.

[13] (S. 35.) „Where no atmosphere, a thermometer, freely exposed (at sunset) to the heating influence of the earth's radiation, and the cooling power of its own into space, would indicate a medium temperature between that of the celestial spaces (— 132° Fahr. = — 91° Cent.) and that of the earth's surface below it (82° F. = 27,7° Cent. at the equator; — 3,5° F. = — 19,5° Cent. in the Polar Sea). Under the equator, then, it would stand, on the average, at — 25° F. = — 31,9° Cent.; and in the Polar Sea at — 68° F. = — 55,5° Cent. The presence of the atmosphere tends to prevent the thermometer so exposed from attaining these extreme low temperatures: first, by imparting heat by conduction; secondly by impeding radiation outwards.“ Sir John Herſchel im Edinburgh Review Vol. 87, 1848, p. 223. — „Si la chaleur des espaces planétaires n'existait point, notre atmosphère éprouverait un refroidissement, dont on ne peut fixer la limite.

Probablement la vie des plantes et des animaux serait impossible à la surface du globe ou reléguée dans une étroite zone de cette surface.“ Saigey, Physique du Globe p. 77.

[14] (S. 36.) „Throughout by far the larger portion of the extent of the Milky Way in both hemispheres, the *general blackness* of the ground of the heavens, on which its stars are projected, etc. . . . . In those regions where that zone is cleary resolved into stars well separated and seen projected *on a black ground*, and where we look out beyond them into space . . . . .“ Sir John Herschel, Outlines p. 537 und 539.

[15] (S. 36.) Die schwingende Bewegung der Ausströmungen am Kopf einiger Kometen, wie dieselbe an dem Kometen von 1744 und durch Bessel am Halleyschen Kometen zwischen dem 12. und 22. Oktober 1835 beobachtet worden ist, „kann bei einzelnen Individuen dieser Klasse von Weltkörpern allerdings auf die translatorische Bewegung und Rotation Einfluß haben, ja auf Polarkräfte schließen lassen, welche von der gewöhnlichen anziehenden Kraft der Sonne verschieden sind“; aber die schon seit 63 Jahren so regelmäßig sich offenbarende Beschleunigung der 3¹₃jährigen Umlaufszeit des Enckischen Kometen darf doch wohl nicht als von einer Summe zufälliger Ausströmungen abhängig gedacht werden. Vergl. über diesen kosmisch wichtigen Gegenstand Bessel in Schum. aftron. Nachr. Nr. 289, S. 6 und Nr. 310, S. 345–350 mit Enckes Abhandlung über die Hypothese des widerstehenden Mittels in Schum. Nr. 305, S. 265—274.

[16] (S. 36.) „En assimilant la matière très rare qui remplit les espaces célestes, quant à ses propriétés réfringentes, aux gas terrestres, la densité de cette matière ne saurait dépasser une certaine limite, dont les observations des étoiles changeantes, p. e. celles d'Algol ou de β de Persée, peuvent assigner la valeur.“ Arago im Annuaire pour 1842, p. 336—345.

[17] (S. 37.) Newton, Princ. mathem. T. III (1760), p. 671. „Vapores, qui ex sole et stellis fixis et *caudis cometarum* oriuntur, incidere *possunt* in atmosphaeras planetarum . . . .“

II.

Natürliches und teleskopisches Sehen. — Funkeln der Gestirne. — Geschwindigkeit des Lichtes. Ergebnisse aus der Photometrie.

Dem Auge, Organ der Weltanschauung, ist erst seit drittehalb Jahrhunderten durch künstliche, teleskopische Steigerung seiner Sehkraft das großartigste Hilfsmittel zur Kenntnis des Inhalts der Weiträume, zur Erforschung der Gestaltung, physischen Beschaffenheit und Massen der Planeten samt ihren Monden geworden. Das erste Fernrohr wurde 1608, sieben Jahre nach dem Tode des großen Beobachters Tycho, konstruiert. Schon waren nacheinander durch das Fernrohr die Jupitersmonde, die Sonnenflecke, die sichelförmige Gestalt der Venus, der Saturnsring als Dreigestaltung eines Planeten, teleskopische Sternschwärme und der Nebelfleck der Andromeda entdeckt, als sich erst 1634 dem um die Längenbeobachtungen so verdienten französischen Astronomen Morin der Gedanke darbot, ein Fernrohr an die Alhidade eines Meßinstruments zu befestigen und den Arkturus bei Tage aufzusuchen.[1] Die Vervollkommnung der Teilung des Bogens würde ihren Hauptzweck, größere Schärfe der Beobachtung, gänzlich oder doch großenteils verfehlt haben, wenn man nicht optische Werkzeuge mit astronomischen Instrumenten in Verbindung gebracht, die Schärfe des Erkennens mit der des Messens in Verhältnis gesetzt hätte. Die Mikrometervorrichtung von feinen Fäden, im Brennpunkt des Fernrohrs ausgespannt, welche der Anwendung des letzteren erst ihren eigentlichen, und zwar einen unschätzbaren Wert gab, wurde noch sechs Jahre später, erst 1640, von dem jungen talentvollen Gascoigne[2] erfunden.

Umfaßt, wie ich eben erinnert habe, das teleskopische Sehen, Erkennen und Messen nur 240 Jahre unseres astronomischen Wissens, so zählen wir, ohne der Chaldäer, der

Aegypter und der Chinesen zu gedenken, bloß von Timocharес und Aristyllus an bis zu den Entdeckungen von Galilei, mehr als neunzehn Jahrhunderte, in denen Lage und Lauf der Gestirne mit unbewaffnetem Auge beobachtet worden ist. Bei den vielen Störungen, welche in dieser langen Periode unter den Völkern, die das Becken des Mittelmeeres umwohnen, der Fortschritt der Kultur und die Erweiterung des Ideenkreises erlitten hat, muß man über das erstaunen, was Hipparch und Ptolemäus von dem Zurückweichen der Aequinoktialpunkte, den verwickelten Bewegungen der Planeten, den zwei vornehmsten Ungleichheiten des Mondes und von den Sternörtern, was Kopernikus von dem wahren Weltsysteme, Tycho von der Vervollkommnung der praktischen Astronomie und ihren Methoden vor Erfindung des teleskopischen Sehens erkannt haben. Lange Röhren, deren sehr wahrscheinlich sich schon die Alten, mit Gewißheit die arabischen Astronomen bedienten, zum Absehen an Dioptern oder Spaltöffnungen, konnten allerdings die Schärfe der Beobachtung etwas vermehren. Abul-Hassan spricht sehr bestimmt von der Röhre, an deren Extremitäten die Okular- und Objektivdiopter befestigt waren; auch wurde diese Vorrichtung auf der von Hulagu gegründeten Sternwarte zu Meragha benutzt. Wenn das Sehen durch Röhren die Aufsuchung von Sternen in der Abenddämmerung erleichterte, wenn die Sterne dem bloßen Auge durch die Röhre früher sichtbar wurden als ohne dieselbe, so liegt, wie schon Arago bemerkt hat, die Ursache darin, daß die Röhre einen großen Teil des störenden diffusen Lichts (die rayons perturbarteurs) der Luftschichten abhält, welche zwischen dem an die Röhre angedrückten Auge und dem Sterne liegen. Ebenso hindert die Röhre auch bei Nacht den Seiteneindruck des schwachen Lichtes, welches die Luftteilchen von den gesamten Sternen des Firmaments empfangen. Die Intensität des Lichtbildes und die Größe des Sternes nehmen scheinbar zu. Nach einer viel emendierten und viel bestrittenen Stelle des Strabo, in welcher des Sehens durch Röhren Erwähnung geschieht, wird ausdrücklich „der erweiterten Gestalt der Gestirne", irrig genug als Wirkung der Strahlenbrechung, [3] gedacht.

Licht, aus welcher Quelle es kommen mag, aus der Sonne, als Sonnenlicht, oder von den Planeten reflektiert, aus den Fixsternen, aus faulem Holze, oder als Produkt der Lebensthätigkeit der Leuchtwürmer, zeigt dieselben Brechungs-

verhältnisse. Aber die prismatischen Farbenbilder (Spektra) aus verschiedenen Lichtquellen (aus der Sonne und Fixsternen) zeigen eine Verschiedenheit der Lage in den dunkeln Linien (raies du spectre), welche Wollaston 1808 zuerst entdeckt und deren Lage Fraunhofer zwölf Jahre später mit so großer Genauigkeit bestimmt hat. Wenn dieser schon 600 dunkle Linien (eigentliche Lücken, Unterbrechungen, fehlende Teile des Farbenbildes) zählte, so stieg in der Arbeit von Sir David Brewster (1833) die Zahl der Linien bei den schönen Versuchen mit Stickstoffoxyd auf mehr als 2000. Man hatte bemerkt, daß zu gewissen Jahreszeiten bestimmte Linien im Farbenbilde fehlten; aber Brewster hat gezeigt, daß die Erscheinung Folge der verschiedenen Sonnenhöhe und der verschiedenen Absorption der Lichtstrahlen beim Durchgang durch die Atmosphäre ist. In den Farbenbildern, welche das zurückgeworfene Licht des Mondes, der Venus, des Mars und der Wolken gibt, erkennt man, wie wohl zu vermuten stand, alle Eigentümlichkeiten des Sonnenspektrums. Dagegen sind die dunkeln Linien des Spektrums des Sirius von denen des Kastor oder anderer Fixsterne verschieden. Kastor zeigt selbst andere Linien als Pollux und Procyon. Amici hat diese, schon von Fraunhofer angedeuteten Unterschiede bestätigt, und scharfsinnig darauf aufmerksam gemacht, daß bei Fixsternen von jetzt gleichem, völlig weißem Lichte die dunkeln Linien nicht dieselben sind. Es bleibt hier noch ein weites und wichtiges Feld künftigen Untersuchungen geöffnet,[1] um das sicher Aufgefundene von dem mehr Zufälligen, von der absorbierenden Wirkung der Luftschichten, zu trennen.

Einer anderen Erscheinung ist hier zu erwähnen, in welcher die spezifische Eigentümlichkeit der Lichtquelle einen mächtigen Einfluß äußert. Das Licht glühender fester Körper und das Licht des elektrischen Funkens zeigen große Mannigfaltigkeit in der Zahl und Lage der dunkeln Wollastonschen Linien. Nach den merkwürdigen Versuchen von Wheatstone mit Drehspiegeln soll auch das Licht der Reibungselektrizität eine mindestens im Verhältnis von 3 zu 2 (das ist um volle 20 980 geographische Meilen [155 680 km] in einer Zeitsekunde) größere Geschwindigkeit haben als das Sonnenlicht.

Das neue Leben, von dem alle Teile der Optik durchdrungen worden sind, als zufällig das von den Fenstern des Palais du Luxembourg zurückstrahlende Licht der unter-

gehenden Sonne den scharfsinnigen Malus (1808) zu seiner wichtigen Entdeckung der Polarisation leitete, hat, durch die tiefer ergründeten Erscheinungen der doppelten Brechung, der gewöhnlichen (Huygenschen) und der farbigen Polarisation, der Interferenz und der Diffraktion, dem Forscher unerwartete Mittel dargeboten, direktes und reflektiertes Licht zu unterscheiden,[5] in die Konstitution des Sonnenkörpers und seiner leuchtenden Hüllen[6] einzudringen, den Druck und den kleinsten Wassergehalt der Luftschichten zu messen, den Meeresboden und seine Klippen mittels einer Turmalinplatte zu erspähen, ja nach Newtons Vorgange die chemische Beschaffenheit (Mischung) mehrerer Substanzen mit ihren optischen Wirkungen zu vergleichen. Es ist hinlänglich, die Namen Airy, Arago, Biot, Brewster, Cauchy, Faraday, Fresnel, John Herschel, Lloyd, Malus, Neumann, Plateau, Seebeck . . . zu nennen, um eine Reihe glänzender Entdeckungen und die glücklichsten Anwendungen des neu Entdeckten dem wissenschaftlichen Leser ins Gedächtnis zu rufen. Die großen und genialen Arbeiten von Thomas Young haben diese wichtigen Bestrebungen mehr als vorbereitet. Aragos Polariskop und die beobachtete Stellung farbiger Diffraktionsfransen (Folgen der Interferenz) sind vielfach gebrauchte Hilfsmittel der Erforschung geworden. Die Meteorologie hat auf dem neu gebahnten Wege nicht minder gewonnen als die physische Astronomie.

So verschieden auch die Sehkraft unter den Menschen ist, gibt es doch auch hier für das unbewaffnete Auge eine gewisse Mittelstufe organischer Fähigkeit, die bei dem älteren Geschlechte (bei Griechen und Römern) dieselbe wie heutzutage war. Die Plejaden geben den Beweis dafür, daß vor mehreren tausend Jahren wie jetzt Sterne, welche die Astronomen 7. Größe nennen, dem bloßen Auge bei mittlerer Sehkraft unsichtbar blieben. Die Plejadengruppe besteht aus einem Stern 3. Größe, Alcyone; aus zweien 4., Elektra und Atlas, dreien 5., Merope, Maja und Taygeta, zweien 6. bis 7., Plejone und Celäno, einem 7. bis 8., Asterope, und vielen sehr kleinen teleskopischen Sternen. Ich bediene mich der jetzigen Benennung und Reihung, denn bei den Alten wurden dieselben Namen teilweise anderen Sternen beigelegt. Nur die erstgenannten sechs Sterne 3., 4. und 5. Größe wurden mit Leichtigkeit gesehen.[7] Quae septem dici, sex tamen esse solent; sagt Ovidius (Fast. IV, 170). Man hielt eine der Atlastöchter, Merope, die einzige, die sich

mit einem Sterblichen vermählt, für schamvoll verhüllt, auch wohl für ganz verschwunden. Sie ist wahrscheinlich der Stern fast 7. Größe, welchen wir Celäno nennen; denn Hipparch im Kommentar zu Aratus bemerkt, daß bei heiterer mondleerer Nacht man wirklich sieben Sterne erkenne. Man sah dann Celäno; denn Plejone, bei gleicher Helligkeit, steht dem Atlas, einem Stern 4. Größe, zu nahe.

Der kleine Stern Alkor, unser Reuterchen, welcher nach Triesnecker in 11′ 48″ Entfernung von Mizar im Schwanz des großen Bären steht, ist nach Argelander 5. Größe, aber durch die Strahlen von Mizar überglänzt. Er wurde von den Arabern Saidak, der Prüfer, genannt; weil, wie der persische Astronom Kazwini sagt, „man an ihm die Sehkraft zu prüfen pflegte“. Ich habe Alkor mit unbewaffnetem Auge, trotz der niedrigen Stellung des großen Bären unter den Tropen, jeden Abend an der regenlosen Küste von Cumana und auf den 12000 Fuß (3900 m) hohen Ebenen der Kordilleren in großer Deutlichkeit, nur selten und ungewisser in Europa und in den trockenen Luftschichten der nordasiatischen Steppen erkannt. Die Grenze, innerhalb deren es dem unbewaffneten Auge nicht mehr möglich ist, zwei sich sehr nahestehende Objekte am Himmel voneinander zu trennen, hängt, wie Mädler sehr richtig bemerkt, von dem relativen Glanze der Sterne ab. Die beiden mit α Capricorni bezeichneten Sterne 3. und 4. Größe werden in gegenseitiger Entfernung von 6½ Minuten ohne Mühe als getrennt erkannt. Galle glaubt noch bei sehr heiterer Luft ε und 5 Lyrae in 3½ Minuten Distanz mit bloßem Auge zu sondern, weil beide 4. Größe sind.

Das Ueberglänzen durch die Strahlen des nahen Planeten ist auch die Hauptsache, warum die Jupiterstrabanten, welche aber nicht alle, wie man oft behauptet, einen Lichtglanz von Sternen 5. Größe haben, dem unbewaffneten Auge unsichtbar bleiben. Nach neueren Schätzungen und Vergleichung meines Freundes, des Dr. Galle, mit nahestehenden Sternen ist der dritte Trabant, der hellste, vielleicht 5. bis 6. Größe, während die anderen bei wechselnder Helligkeit 6. bis 7. Größe sind. Nur einzelne Beispiele werden angeführt, wo Personen von außerordentlicher Scharfsichtigkeit, d. h. solche, welche mit bloßen Augen schwächere Sterne als die 6. Größe deutlich erkennen, einzelne Jupiterstrabanten ohne Fernrohr gesehen haben. Die

Angularentfernung des dritten, überaus hellen Trabanten ist vom Centrum des Planeten 4′ 12″; die des vierten, welcher nur 1/6 kleiner als der größte ist, 8′ 16″, und alle Jupitersmonde haben, wie Arago behauptet, " zuweilen auf gleicher Oberfläche ein intensiveres Licht als der Planet; zuweilen erscheinen sie dagegen auf dem Jupiter als graue Flecken, wie neuere Beobachtungen gelehrt haben. Die überdeckenden Strahlen und Schwänze, welche unserem Auge als von den Planeten und Fixsternen ausgehend erscheinen, und seit den frühesten Zeiten der Menschheit in bildlichen Darstellungen, besonders bei den Aegyptern, die glänzenden Himmelskörper bezeichnen (Hassenfratz erklärt sie für Brennlinien, intersections de deux caustiques, auf der Kristalllinse), haben mindestens 5 bis 6 Minuten Länge.

„Das Bild der Sterne, die wir mit bloßen Augen sehen, ist durch divergierende Strahlen vergrößert; es nimmt durch diese Ausdehnung auf der Netzhaut einen größeren Raum ein, als wenn es in einem einzelnen Punkte konzentriert wäre. Der Nerveneindruck ist schwächer. Ein sehr dichter Sternschwarm, in welchem die einzelnen Sterne alle kaum 7. Größe sind, kann dagegen dem unbewaffneten Auge sichtbar werden, weil die Bilder der vielen einzelnen Sterne sich auf der Netzhaut übereinander legen und daher jeder sensible Punkt derselben, wie bei einem konzentrierten Bilde, verstärkt angeregt wird." [10]

Fernröhren und Teleskope geben leider, wenngleich in einem weit geringeren Grade, den Sternen einen unwahren, fakticen Durchmesser. Nach den schönen Untersuchungen von William Herschel nehmen aber diese Durchmesser ab mit zunehmender Stärke der Vergrößerung. Der scharfsinnige Beobachter schätzte den scheinbaren Durchmesser von Wega der Leier bei der ungeheuren Vergrößerung von 6500mal noch zu 0,36″. Bei terrestrischen Gegenständen bestimmt außer der Beleuchtung auch die Form des Gegenstandes die Größe des kleinsten Sehwinkels für das unbewaffnete Auge. Schon Adams hat sehr richtig bemerkt, daß eine dünne lange Stange viel weiter sichtbar ist als ein Quadrat, dessen Seite dem Durchmesser derselben gleich ist. Einen Strick sieht man weiter als einen Punkt, auch wenn beide gleichen Durchmesser haben. Arago hat durch Winkelmessung der von der Pariser Sternwarte aus sichtbaren fernen Blitzableiter den Einfluß der Gestaltung (des Umrisses der Bilder) vielfältigen

Messungen unterworfen. In der Bestimmung des kleinstmöglichen optischen Sehwinkels, unter welchem irdische Objekte dem bloßen Auge erkenntlich sind, ist man seit Robert Hooke, der noch streng eine volle Minute festsetzte, bis Tobias Mayer, welcher 34″ für einen schwarzen Fleck auf weißem Papier forderte, ja bis zu Leeuwenhoeks Spinnfäden (unter einem Winkel von 4,7″ bei sehr gewöhnlicher Sehkraft sichtbar), immer vermindernd fortgeschritten. In den neuesten, sehr genauen Versuchen Huecks über das Problem von der Bewegung der Kristalllinse wurden weiße Striche auf schwarzem Grunde unter einem Winkel von 1,2″, ein Spinnenfaden bei 0,6″, ein feiner glänzender Draht bei kaum 0,2″ gesehen. Das Problem ist gar nicht im allgemeinen numerisch zu lösen, da alles von den Bedingungen der Gestalt der Objekte, ihrer Erleuchtung, ihres Kontrastes mit dem Hintergrunde, von dem sie sich *abheben*, der *Bewegung* oder Ruhe und der Natur der Luftschichten, in denen man sich befindet, abhängt.

Einen lebhaften Eindruck machte es mir einst, als auf einem reizenden Landsitze des Marques de Selvalegre, zu Chillo (unfern Quito), wo man den langgestreckten Rücken des Vulkans Pichincha in einer trigonometrisch gemessenen horizontalen Entfernung von 85000 Pariser Fuß (27612 m) vor sich ausgestreckt sieht, die Indianer, welche neben mir standen, meinen Reisebegleiter Bonpland, der eben allein in einer Expedition nach dem Vulkan begriffen war, als einen weißen, sich vor schwarzen basaltischen Felswänden *fortbewegenden* Punkt früher erkannten, als wir ihn in den aufgestellten Fernröhren auffanden. Auch mir und dem unglücklichen Sohn des Marques, Carlos Montufar (später im Bürgerkriege hingeopfert), wurde bald das weiße, sich bewegende Bild bei unbewaffnetem Auge sichtbar. Bonpland war in einen weißen baumwollenen Mantel (den landesüblichen Poncho) gehüllt. Bei der Annahme der Schulterbreite von 3 bis 5 Fuß (1—1,6 m), da der Mantel bald fest anlag, bald weit zu flattern schien, und bei der bekannten Entfernung ergaben sich 7″ bis 12″ für den Winkel, unter welchem der bewegte Gegenstand deutlich gesehen wurde. Weiße Objekte auf schwarzem Grund werden nach Huecks wiederholten Versuchen weiter gesehen als schwarze Objekte auf weißem Grunde. Der Lichtstrahl kam bei heiterem Wetter, durch dünne Luftschichten von 14412 Fuß (4682 m)

Höhe über der Meeresfläche, zu unserer Station in Chillo, das selbst noch 8046 Fuß (2613 m) hoch liegt. Die ansteigende Entfernung war 85 596 Fuß oder $3^{7}/_{10}$ geographische Meilen (28 km), der Stand von Barometer und Thermometer in beiden Stationen sehr verschieden; oben wahrscheinlich 194 Linien und 8° C., unten nach genauer Beobachtung 250,2 Linien und 18,7° C. Das Gaußische, für unsere deutschen trigonometrischen Messungen so wichtig gewordene Heliotroplicht wurde, vom Brocken aus auf den Hohenhagen reflektiert, dort mit bloßem Auge in einer Entfernung von 213000 Par. Fuß (mehr als 9 geographische Meilen = 70 km) gesehen, oft an Punkten, in welchen die scheinbare Breite eines dreizölligen Spiegels nur 0,43″ betrug.

Die Absorption der Lichtstrahlen, welche von dem irdischen Gegenstande ausgehen und in ungleichen Entfernungen durch dichtere oder dünnere, mit Wasserdunst mehr oder minder geschwängerte Luftschichten zu dem unbewaffneten Auge gelangen, der hindernde Intensitätsgrad des diffusen Lichtes, welches die Luftteilchen ausstrahlen und viele noch nicht ganz aufgeklärte meteorologische Prozesse modifizieren die Sichtbarkeit ferner Gegenstände. Ein Unterschied der Lichtstärke von $^{1}/_{60}$ ist nach alten Versuchen des immer so genauen Bouguer zur Sichtbarkeit nötig. Man sieht, wie er sich ausdrückt, nur auf negative Weise wenig lichtstrahlende Berggipfel, die sich als dunkle Massen von dem Himmelsgewölbe abheben. Man sieht sie bloß durch die Differenz der Dicke der Luftschichten, welche sich bis zu dem Objekte oder bis zum äußersten Horizont erstrecken. Dagegen werden auf positive Weise stark leuchtende Gegenstände, wie Schneeberge, weiße Kalkfelsen und Bimssteinkegel, gesehen. Die Entfernung, in welcher auf dem Meere hohe Berggipfel erkannt werden können, ist nicht ohne Interesse für die praktische Nautik, wenn genaue astronomische Ortsbestimmungen für die Lage des Schiffes fehlen. Ich habe diesen Gegenstand an einem anderen Orte bei Gelegenheit der Sichtbarkeit des Piks von Tenerifa umständlich behandelt.

Das Sehen der Sterne bei Tage und mit bloßem Auge in den Schächten der Bergwerke und auf sehr hohen Gebirgen ist seit früher Jugend ein Gegenstand meiner Nachforschung gewesen. Es war mir nicht unbekannt, daß schon Aristoteles[11] behauptete, Sterne werden bisweilen aus Erdgewölben und Zisternen wie durch Röhren gesehen. Auch

Plinius erwähnt dieser Sage und erinnert dabei an die Sterne, die man bei Sonnenfinsternissen deutlichst am Himmelsgewölbe erkenne. Ich habe infolge meines Berufes als praktischer Bergmann mehrere Jahre lang einen großen Teil des Tages in den Gruben zugebracht und durch tiefe Schächte das Himmelsgewölbe im Zenith betrachtet, aber nie einen Stern gesehen; auch in mexikanischen, peruanischen und sibirischen Bergwerken nie ein Individuum aufgefunden, das vom Sternsehen bei Tage hätte reden hören, obgleich unter so verschiedenen Breitengraden, unter denen ich in beiden Hemisphären unter der Erde war, sich doch Zenithalsterne genug hätten vorteilhaft dem Auge darbieten können. Bei diesen ganz negativen Erfahrungen ist mir um so auffallender das sehr glaubwürdige Zeugnis eines berühmten Optikers gewesen, der in früher Jugend Sterne bei hellem Tage durch einen Rauchfang erblickte.[1] Erscheinungen, deren Sichtbarkeit von dem zufälligen Zusammentreffen begünstigender Umstände abhängt, müssen nicht darum geleugnet werden, weil sie so selten sind.

Dieser Grundsatz findet, glaube ich, seine Anwendung auch auf das von dem immer so gründlichen Saussure behauptete Sehen der Sterne mit bloßen Augen bei hellem Tage am Abfall des Montblanc, auf der Höhe von 11 970 Fuß (3888 m). „Quelques uns des guides m'ont assuré", sagt der berühmte Alpenforscher, „avoir vu des étoiles en plein jour; pour *moi je* n'y songeois pas, en sorte que je n'ai point été le témoin de ce phénomène; *mais l'assertion uniforme des guides ne me laisse aucun doute sur la réalité*. Il faut d'ailleurs être entièrement à l'ombre, et avoir même au-dessus de la tête une masse d'ombre d'une épaisseur considerable, sans quoi l'air trop fortement éclairé fait évanouir la foible clarté des étoiles." Die Bedingungen sind also fast ganz dieselben, welche die Zisternen der Alten und der eben erwähnte Rauchfang dargeboten haben. Ich finde diese merkwürdige Behauptung (vom Morgen des 2. August 1787) in keiner anderen Reise durch die Schweizer Gebirge wiederholt. Zwei kenntnisvolle, vortreffliche Beobachter, die Gebrüder Hermann und Adolf Schlagintweit, welche neuerlichst die östlichen Alpen bis zum Gipfel des Großglockners (12 213 Fuß = 3977 m) durchforscht haben, konnten nie Sterne bei Tage sehen, noch haben sie die Sage unter den Hirten und Gemsjägern gefunden. Ich habe mehrere Jahre in den Kordilleren von Mexiko, Quito und Peru zu

gebracht und bin so oft mit Bonpland bei heiterem Wetter auf Höhen von mehr als 14 oder 15000 Fuß (4550—5870 m) gewesen, und nie habe ich oder später mein Freund Boussingault Sterne am Tage erkennen können, obgleich die Himmelsbläue so tief und dunkel war, daß sie an demselben Cyanometer von Paul in Genf, an welchem Saussure auf dem Montblanc 39° ablas, von mir unter den Tropen (zwischen 16000 und 18000 Fuß = 5200—5850 m Höhe) im Zenith auf 46° geschätzt wurde. Unter dem herrlichen ätherreinen Himmel von Cumana, in der Ebene des Litorales, habe ich aber mehrmals und leicht, nach Beobachtung von Trabantenverfinsterungen, Jupiter mit bloßen Augen wieder aufgefunden und deutlichst gesehen, wenn die Sonnenscheibe schon 18—20° über dem Horizont stand.

Es ist hier der Ort, wenigstens beiläufig einer anderen optischen Erscheinung zu erwähnen, die ich, auf allen meinen Bergbesteigungen, nur einmal, und zwar vor dem Aufgang der Sonne, den 22. Junius 1799 am Abhange des Pics von Tenerifa, beobachtete. Im Malpays, ohngefähr in einer Höhe von 10700 Fuß (3473 m) über dem Meere, sah ich mit unbewaffnetem Auge tiefstehende Sterne in einer wunderbar schwankenden Bewegung. [S. Zusätze am Schluß d. Bd.] Leuchtende Punkte stiegen aufwärts, bewegten sich seitwärts und fielen an die vorige Stelle zurück. Das Phänomen dauerte nur 7—8 Minuten, und hörte auf lange vor dem Erscheinen der Sonnenscheibe am Meerhorizont. Dieselbe Bewegung war in einem Fernrohr sichtbar, und es blieb kein Zweifel, daß es die Sterne selbst waren, die sich bewegten.[13] Gehörte diese Ortsveränderung zu der so viel bestrittenen lateralen Strahlenbrechung? Bietet die wellenförmige Undulation der aufgehenden Sonnenscheibe, so gering sie auch durch Messung gefunden wird, in der lateralen Veränderung des bewegten Sonnenrandes einige Analogie dar? Nahe dem Horizont wird ohnedies jene Bewegung scheinbar vergrößert. Fast nach einem halben Jahrhundert ist dieselbe Erscheinung des Sternschwankens, und genau an demselben Orte im Malpays, wieder vor Sonnenaufgang, von einem unterrichteten und sehr aufmerksamen Beobachter, dem Prinzen Adalbert von Preußen, zugleich mit bloßen Augen und im Fernrohr beobachtet worden! Ich fand die Beobachtungen in seinem handschriftlichen Tagebuche; er hatte sie eingetragen, ohne, vor seiner Rückkunft von dem Amazonenstrome, erfahren zu haben, daß ich etwas ganz Aehnliches gesehen.[14] Auf dem Rücken

der Andeskette oder bei der häufigen Luftspiegelung (Kimmung mirage) in den heißen Ebenen (Llanos) von Südamerika habe ich, trotz der so verschiedenartigen Mischung ungleich erwärmter Luftschichten, keine Spur lateraler Refraktion je finden können. Da der Pik von Tenerifa uns so nahe ist und oft von wissenschaftlichen, mit Instrumenten versehenen Reisenden kurz vor Sonnenaufgang besucht wird, so darf man hoffen, daß die hier von mir erneuerte Aufforderung zur Beobachtung des Sternschwankens nicht wieder ganz verhallen werde.

Ich habe bereits darauf aufmerksam gemacht, wie lange vor der großen Epoche der Erfindung des teleskopischen Sehens und seiner Anwendung auf Beobachtung des Himmels, also vor den denkwürdigen Jahren 1608 und 1610, ein überaus wichtiger Teil der Astronomie unseres Planetensystems bereits begründet war. Den ererbten Schatz des griechischen und arabischen Wissens haben Georg Purbach, Regiomontanus (Johann Müller) und Bernhard Walther in Nürnberg durch mühevolle, sorgfältige Arbeiten vermehrt. Auf ihr Bestreben folgt eine kühne und großartige Gedankenentwickelung, das System des Kopernikus; es folgen der Reichtum genauer Beobachtungen des Tycho, der kombinierende Scharfsinn und der beharrliche Rechnungstrieb von Kepler. Zwei große Männer, Kepler und Galilei, stehen an dem wichtigsten Wendepunkt, den die Geschichte der messenden Sternkunde darbietet; beide bezeichnen die Epoche, wo das Beobachten mit unbewaffnetem Auge, doch mit sehr verbesserten Meßinstrumenten, sich von dem teleskopischen Sehen scheidet. Galilei war damals schon 44, Kepler 37 Jahre alt, Tycho, der genaueste messende Astronom dieser großen Zeit, seit sieben Jahren tot. Ich habe schon früher (Kosmos Bd. II, S. 252) erwähnt, daß Keplers drei Gesetze, die seinen Namen auf ewig verherrlicht haben, von keinem seiner Zeitgenossen, Galilei selbst nicht ausgenommen, mit Lob erwähnt worden sind. Auf rein empirischem Wege entdeckt, aber für das Ganze der Wissenschaft folgereicher als die vereinzelte Entdeckung ungesehener Weltkörper, gehören sie ganz der Zeit des natürlichen Sehens, der Tychonischen Zeit, ja den Tychonischen Beobachtungen selbst an, wenn auch der Druck der Astronomia nova, seu Physica coelestis de motibus Stellae Martis erst 1609 vollendet, und gar das dritte Gesetz, nach welchem sich die Quadrate der Umlaufs-

zeiten zweier Planeten verhalten wie die Würfel der mittleren Entfernung, erst in der Harmonice Mundi 1619 entwickelt wurde.

Der Uebergang des natürlichen zum teleskopischen Sehen, welcher das erste Zehentteil des 17. Jahrhunderts bezeichnet und für die Astronomie (die Kenntnis des Weltraumes) noch wichtiger wurde, als es für die Kenntnis der irdischen Räume das Jahr 1492 gewesen war, hat nicht bloß den Blick in die Schöpfung endlos erweitert, er hat auch, neben der Bereicherung des menschlichen Ideenkreises, durch Darlegung neuer und verwickelter Probleme das mathematische Wissen zu einem bisher nie erreichten Glanze erhoben. So wirkt die Stärkung sinnlicher Organe auf die Gedankenwelt, auf die Stärkung intellektueller Kraft, auf die Veredelung der Menschheit. Dem Fernrohr allein verdanken wir in kaum drittehalb Jahrhunderten die Kenntnis von 13 neuen Planeten, von 4 Trabantensystemen (4 Monden des Jupiter, 8 des Saturn, 4, vielleicht 6 des Uranus, 1 des Neptun), von den Sonnenflecken und Sonnenfackeln, den Phasen der Venus, der Gestalt und Höhe der Mondberge; den winterlichen Polarzonen des Mars, den Streifen des Jupiters und Saturn, den Ringen des letzteren, den inneren (planetarischen) Kometen von kurzer Umlaufszeit und von so vielen anderen Erscheinungen, die ebenfalls dem bloßen Auge entgehen. Wenn unser Sonnensystem, das so lange auf 6 Planeten und einen Mond beschränkt schien, auf die eben geschilderte Weise in 240 Jahren bereichert worden ist, so hat der sogenannte Fixsternhimmel schichtenweise eine noch viel unerwartetere Erweiterung gewonnen. Tausende von Nebelflecken, Sternhaufen und Doppelsternen sind aufgezählt. Die veränderliche Stellung der Doppelsterne, welche um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisen, hat, wie die eigentliche Bewegung aller Fixsterne, erwiesen, daß Gravitationskräfte in jenen fernen Welträumen wie in unseren engen planetarischen, sich wechselseitig störenden Kreisen walten. Seitdem Morin und Gascoigne (freilich erst 25—30 Jahre nach Erfindung des Fernrohrs) optische Vorrichtungen mit Meßinstrumenten verbanden, haben feinere Bestimmungen der Ortsveränderung in den Gestirnen erreicht werden können. Auf diesem Wege ist es möglich geworden, mit größter Schärfe die jedesmalige Position eines Weltkörpers, die Aberrationsellipsen der Fixsterne und ihre Parallaxen, die gegenseitigen Abstände der Doppelsterne

von wenigen Zehntteilen einer Bogensekunde zu messen. Die astronomische Kenntnis des Sonnensystems erweiterte sich allmählich zu der eines Weltsystems.

Wir wissen, daß Galilei seine Entdeckungen der Jupitersmonde mit siebenmaliger Vergrößerung machte, und nie eine stärkere als zweiunddreißigmalige anwenden konnte. Einhundertundsiebzig Jahre später sehen wir Sir William Herschel bei seinen Untersuchungen über die Größe des scheinbaren Durchmessers von Arcturus (im Nebel 0,2″) und Wega in der Leier Vergrößerungen benutzen von 6500mal. Seit der Mitte des 17. Jahrhunderts wetteiferte man in dem Bestreben nach langen Fernröhren. Christian Huygens entdeckte zwar 1655 den ersten Saturnstrabanten, Titan (den 6. im Abstande von dem Centrum des Planeten), nur noch mit einem zwölffüßigen Fernrohr; er wandte später auf den Himmel längere bis 122 Fuß (40 m) an; aber die drei Objektive von 123, 170 und 210 Fuß (40,3, 55 und 68 m) Brennweite, welche die Royal Society von London besitzt und welche von Konstantin Huygens, dem Bruder des großen Astronomen, verfertigt wurden, sind von letzterem, wie er ausdrücklich sagt,[15] nur auf terrestrische Gegenstände geprüft worden. Auzout, der schon 1663 Riesenfernröhren ohne Röhre, also ohne feste (starre) Verbindung zwischen dem Objektiv und dem Okular, konstruierte, vollendete ein Objectiv, das bei 300 Fuß (97 m) Fokallänge eine 600malige Vergrößerung ertrug. Den nützlichsten Gebrauch von solchen, an Masten befestigten Objektiven machte Dominikus Cassini zwischen den Jahren 1671 und 1684 bei den aufeinander folgenden Entdeckungen des 8., 5., 4. und 3. Saturnstrabanten. Er bediente sich der Objektive, die Borelli, Campani und Hartsoeker geschliffen hatten. Die letzteren waren von 250 Fuß (81 m) Brennweite. Die von Campani, welche des größten Rufes unter der Regierung Ludwigs XIV. genossen, habe ich bei meinem vieljährigen Aufenthalte auf der Pariser Sternwarte mehrmals in Händen gehabt. Wenn man an die geringe Lichtstärke der Saturnstrabanten und an die Schwierigkeit solcher nur durch Stricke bewegten Vorrichtungen[16] denkt, so kann man nicht genug bewundern die Geschicklichkeit, den Mut und die Ausdauer des Beobachters.

Die Vorteile, welche man damals allein glaubte durch riesenmäßige Längen erreichen zu können, leiteten, wie es so oft geschieht, große Geister zu exzentrischen Hoffnungen.

Auzout glaubte Hooke widerlegen zu müssen, der, um Tiere im Monde zu sehen, Fernröhren von einer Länge von 10 000 Fuß (3250 m), also fast von der Länge einer halben geographischen Meile, vorgeschlagen haben soll.[17] Das Gefühl der praktischen Unbequemlichkeit von optischen Instrumenten mit mehr als hundertfacher Fokallänge verschaffte allmählich durch Newton (nach dem Vorgange von Mersenne und James Gregory von Aberdeen) den kürzeren Reflexionsinstrumenten besonders in England Eingang. Bradleys und Pounds sorgfältige Vergleichung von 5füßigen Haleyschen Spiegelteleskopen mit dem Refraktor von Konstantin Huygens, der 123 Fuß (40,3 m) Brennweite hatte und dessen wir oben erwähnten, fiel ganz zum Vorteil der ersteren aus. Shorts kostbare Reflektoren wurden nun überall verbreitet, bis John Dollonds glückliche praktische Lösung des Problems vom Achromatismus (1759), durch Leonhard Euler und Klingenstierna angeregt, den Refraktoren wieder ein großes Uebergewicht verschaffte. Die, wie es scheint, unbestreitbaren Prioritätsrechte des geheimnisvollen Chester More Hall aus Essex (1729) wurden dem Publikum erst bekannt, als dem John Dollond das Patent für seine achromatischen Fernröhren verliehen wurden.

Der hier bezeichnete Sieg der Refraktionsinstrumente war aber von nicht langer Dauer. Neue Oszillationen der Meinung wurden schon, 18—20 Jahre nach der Bekanntmachung von John Dollonds Erfindung des Achromatismus mittels Verbindung von Kron- und Flintglas, durch die gerechte Bewunderung angeregt, welche man in und außerhalb Englands den unsterblichen Arbeiten eines Deutschen, William Herschel, zollte. Die Konstruktion seiner zahlreichen 7füßigen und 20füßigen Teleskope, auf welche Vergrößerungen von 2200 bis 6000mal glücklich angewandt werden konnten, folgte die Konstruktion seines 40füßigen Reflektors. Durch diesen wurden im August und September 1789 die beiden innersten Saturnstrabanten, der zweiten (Enceladus), und bald darauf der erste, dem Ringe am nächsten liegende, Mimas, entdeckt. Die Entdeckung des Planeten Uranus (1781) gehört dem 7füßigen Teleskop von Herschel; die so lichtschwachen Uranustrabanten sah er (1787) zuerst im 20füßigen Instrumente zur Frontview eingerichtet.[18] Eine bis dahin noch nie erreichte Vollkommenheit, welche der große Mann seinen Spiegelteleskopen zu geben wußte, in denen das Licht nur einmal reflektiert wird, hat, bei einer ununterbrochenen Arbeit von mehr als 40 Jahren,

zur wichtigsten Erweiterung aller Teile der physischen Astronomie in den Planetenkreisen wie in der Welt der Nebelflecke und der Doppelsterne, geführt.

Auf eine lange Herrschaft der Reflektoren folgte wieder in dem ersten Fünftel des 19. Jahrhunderts ein erfolgreicher Wetteifer in Anfertigung von achromatischen Refraktoren und Heliometern, die durch Uhrwerke parallaktisch bewegt werden. Zu Objektiven von außerordentlichen Größen lieferten in Deutschland das Münchener Institut von Utzschneider und und Fraunhofer, später von Merz und Mahler, in der Schweiz und Frankreich (für Lerebours und Cauchois) die Werkstätte von Guinand und Bontems ein homogenes, streifenloses Flintglas. Es genügt für den Zweck dieser historischen Uebersicht, hier beispielsweise zu nennen die unter Fraunhofers Leitung gearbeiteten großen Refraktoren der Dorpater und Berliner Sternwarte von 9 Pariser Zoll (0,24 m) freier Oeffnung bei einer Fokalweite von 13½ Fuß (4,33 m); die Refraktoren von Merz und Mahler auf den Sternwarten von Pulkowa und Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika,[19] beide mit Objektiven von 14 Pariser Zoll (0,40 m) und 21 Fuß (6,82 m) Brennweite versehen. Das Heliometer der Königsberger Sternwarte, lange Zeit das größte, hat 6 Zoll (0,16 m) Oeffnung und ist durch Bessels unvergeßliche Arbeiten berühmt geworden. Die lichtvollen und kurzen dialytischen Refraktoren, welche Plößl in Wien zuerst ausführte und deren Vorteile Rogers in England fast gleichzeitig erkannt hatte, verdienen in großen Dimensionen konstruiert zu werden.

In derselben Zeitepoche, deren Bestrebungen ich hier berühre, weil sie auf die Erweiterung kosmischer Ansichten einen so wesentlichen Einfluß ausgeübt, blieben die mechanischen Fortschritte in Vervollkommnung der messenden Instrumente (Zenithsektoren, Meridiankreise, Mikrometer) gegen die optischen Fortschritte und die des Zeitmaßes nicht zurück. Unter so vielen ausgezeichneten Namen der neueren Zeit erwähnen wir hier nur für Meßinstrumente: die von Ramsden, Troughton, Fortin, Reichenbach, Gambey, Ertel, Steinheil, Repsold, Pistor, Oertling . . . . .; für Chronometer und astronomische Pendeluhren: Mudge, Arnold, Emery, Earnshaw, Breguet, Jürgensen, Kessels, Winnerl, Tiede . . . . . In den schönen Arbeiten, welche wir William und John Herschel, South, Struve, Bessel und Dawes über Abstände

und periodische Bewegung der Doppelsterne verdanken, offenbart sich vorzugsweise jene Gleichzeitigkeit der Vervollkommnung in scharfem Sehen und Messen. Struves Klassifikation der Doppelsterne liefert von denen, deren Abstand unter 1″ ist, gegen 100; von denen, die zwischen 1″ und 2″ fallen, 336, alle mehrfach gemessen.

Seit wenigen Jahren haben zwei Männer, welche jedem industriellen Gewerbe fern stehen, der Earl of Rosse in Parsonstown (12 Meilen = 89 km westlich von Dublin) und Herr Lassell zu Starfield bei Liverpool, aus edler Begeisterung für die Sternkunde, mit der aufopferndsten Freigebigkeit und unter eigener unmittelbaren Leitung, zwei Reflektoren zustande gebracht, welche aufs höchste die Erwartung der Astronomen spannen.[20] Mit dem Teleskope von Lassell, das nur 2 Fuß (0,65 m) Oeffnung und 20 Fuß (6,5 m) Brennweite hat, sind schon ein Trabant des Neptun und ein achter Trabant des Saturn entdeckt worden, auch wurden zwei Uranustrabanten wieder aufgefunden. Das neue Riesenteleskop von Lord Rosse hat 5 Fuß 7 Zoll 7 Linien (6 engl. Fuß = 1,83 m) Oeffnung und 46 Fuß 11 Zoll (50 engl. Fuß = 15,24 m) Länge. Es steht im Meridian zwischen zwei Mauern, die von jeder Seite 12 Fuß (3,90 m) von dem Tubus entfernt und 45—52 Fuß (14,8—16,9 m) hoch sind. Viele Nebelflecke, welche bisher kein Instrument auflösen konnte, sind durch dieses herrliche Teleskop in Sternschwärme aufgelöst, die Gestalt anderer Nebelflecke ist in ihren wahren Umrissen nun zum erstenmal erkannt worden. Eine wundersame Helligkeit (Lichtmasse) wird von dem Spiegel ausgegossen.

Morin, der mit Gascoigne (vor Picard und Auzout) zuerst das Fernrohr mit Meßinstrumenten verband, fiel gegen 1638 auf den Gedanken, Gestirne bei hellem Tage teleskopisch zu beobachten. „Nicht Tychos große Arbeit über die Position der Fixsterne, indem dieser 1582, also 28 Jahre vor Erfindung der Fernröhren, Venus bei Tage mit der Sonne und bei Nacht mit den Sternen verglich, sondern," sagt Morin selbst, „der einfache Gedanke, daß, wie Venus, so auch Arcturus und andere Fixsterne, wenn man sie einmal vor Sonnenaufgang im Felde des Fernrohrs hat, nach Sonnenaufgang am Himmelsgewölbe verfolgt werden können, habe ihn zu einer Entdeckung geführt, welche für die Längenbestimmungen auf dem Meere wichtig werden möge. Niemand habe vor ihm

die Fixsterne in Angesicht der Sonne auffinden können." Seit der Aufstellung großer Mittagsfernröhren durch Römer (1691) wurden Tagesbeobachtungen der Gestirne häufig und fruchtbar, ja bisweilen selbst auf Messung von Doppelsternen mit Nutzen angewandt. Struve bemerkt, er habe in dem Dorpater Refraktor mit Anwendung einer Vergrößerung von 320mal die kleinsten Abstände überaus schwacher Doppelsterne bestimmt, bei so hellem Crepuskularlichte, daß man um Mitternacht bequem lesen konnte. Der Polarstern hat in nur 18" Entfernung einen Begleiter 9. Größe; im Dorpater Refraktor haben Struve und Wrangel diesen Begleiter bei Tage gesehen, ebenso einmal Encke und Argelander.

Die Ursache der mächtigen Wirkung der Fernröhren zu einer Zeit, wo durch vielfache Reflexion das diffuse Licht der Atmosphäre hinderlich ist, hat mancherlei Zweifel erregt. Als optisches Problem interessierte sie auf das lebhafteste den der Wissenschaft so früh entrissenen Bessel. In seinem langen Briefwechsel mit mir kam er oft darauf zurück, und bekannte, keine ihn ganz befriedigende Lösung finden zu können. Ich darf auf den Dank meiner Leser rechnen, wenn ich in einer Anmerkung Aragos Ansichten einschalte, wie dieselben in einer der vielen Handschriften enthalten sind, welche mir bei meinem häufigen Aufenthalte in Paris zu benutzen erlaubt war. Nach der scharfsinnigen Erklärung meines vieljährigen Freundes erleichtern starke Vergrößerungen das Auffinden und Erkennen der Fixsterne, weil sie, ohne das Bild derselben merkbar auszudehnen, eine größere Menge des intensiven Lichtes der Pupille zuführen, aber dagegen nach einem anderen Gesetze auf den Luftraum wirken, von welchem sich der Fixstern abhebt. Das Fernrohr, indem es gleichsam die erleuchteten Teile der Luft, welche das Objektiv umfaßt, voneinander entfernt, verdunkelt das Gesichtsfeld, vermindert die Intensität seiner Erleuchtung. Wir sehen aber nur durch den Unterschied des Lichtes des Fixsternes und des Luftfeldes, d. h. der Luftmasse, welche ihn im Fernrohr umgibt. Ganz anders als der einfache Strahl des Fixsternbildes verhalten sich Planetenscheiben. Diese verlieren in dem vergrößerten Fernrohre durch Dilatation ihre Lichtintensität ebenso wie das Luftfeld (l'aire aérienne). Noch ist zu erwähnen, daß starke Vergrößerungen die scheinbare Schnelligkeit der Bewegung des Fixsterns wie die der Scheibe vermehren. Dieser Umstand kann in Instrumenten, welche nicht durch Uhrwerk parallaktisch

der Himmelsbewegung folgen, das Erkennen der Gegenstände am Tage erleichtern. Andere und andere Punkte der Netzhaut werden gereizt. Sehr schwache Schatten, bemerkt Arago an einem anderen Orte, werden erst sichtbar, wenn man ihnen eine Bewegung geben kann.

Unter dem reinen Tropenhimmel, in der trockensten Jahreszeit, habe ich oft mit der schwachen Vergrößerung von 95mal in einem Fernrohr von Dollond die blasse Jupitersscheibe auffinden können, wenn die Sonne schon 15—18° hoch stand. Lichtschwäche des Jupiter und Saturn, bei Tage im großen Berliner Refraktor gesehen und kontrastierend mit dem ebenfalls reflektierten Lichte der der Sonne näheren Planeten, Venus und Merkur, hat mehrmals Dr. Galle überrascht. Jupitersbedeckungen sind mit starken Fernröhren bisweilen bei Tage (von Flaugergues 1792, von Struve 1820) beobachtet worden. Argelander sah (7. Dezember 1849) in einem 5füßigen Fraunhofer eine Viertelstunde nach Sonnenaufgang zu Bonn sehr deutlich drei Jupiterstrabanten. Den vierten konnte er nicht erkennen. Noch später sah der Gehilfe Herr Schmidt den Austritt sämtlicher Trabanten, auch des vierten, aus dem dunkeln Mondrande in dem 8füßigen Fernrohre des Heliometers. Die Bestimmung der Grenzen der teleskopischen Sichtbarkeit kleiner Sterne bei Tageshelle unter verschiedenen Klimaten und auf verschiedenen Höhen über der Meeresfläche hat gleichzeitig ein optisches und ein meteorologisches Interesse.

Zu den merkwürdigen und in ihren Ursachen viel bestrittenen Erscheinungen im natürlichen wie im teleskopischen Sehen gehört das nächtliche Funkeln (das Blinken, die Scintillation) der Sterne. Zweierlei ist nach Argos Untersuchungen[23] in der Scintillation wesentlich zu unterscheiden: 1) Veränderung der Lichtstärke in plötzlicher Abnahme bis zum Verlöschen und Wiederauflodern, 2) Veränderung der Farbe. Beide Veränderungen sind in der Realität noch stärker, als sie dem bloßen Auge erscheinen; denn wenn einzelne Punkte der Netzhaut einmal angeregt sind, so bewahren sie den empfangenen Lichteindruck, so daß das Verschwinden des Sterns, seine Verdunkelung, sein Farbenwechsel nicht in ihrem ganzen, vollen Maße von uns empfunden werden. Auffallender zeigt sich das Phänomen des Sternfunkelns im Fernrohr, sobald man dasselbe erschüttert. Es werden dann andere und andere Punkte der Netzhaut gereizt; es erscheinen farbige, oft unterbrochene Kreise. In einer Atmosphäre, die aus stets

wechselnden Schichten von verschiedener Temperatur, Feuchtigkeit und Dichte zusammengesetzt ist, erklärt das Prinzip der Interferenz, wie nach einem augenblicklichen farbigen Auflodern ein ebenso augenblickliches Verschwinden oder die plötzliche Verdunkelung des Gestirnes stattfinden kann. Die Undulationstheorie lehrt im allgemeinen, daß zwei Lichtstrahlen (zwei Wellensysteme), von einer Lichtquelle (einem Erschütterungsmittelpunkte) ausgehend, bei Ungleichheit des Weges sich zerstören; daß das Licht des einen Strahles, zu dem des anderen Strahles hinzugefügt, Dunkelheit hervorbringt. Wenn das Zurückbleiben des einen Wellensystems gegen das andere eine ungerade Anzahl halber Undulationen beträgt, so streben beide Wellensysteme demselben Aethermoleküle zu gleicher Zeit gleiche, aber entgegengesetzte Geschwindigkeiten mitzuteilen, so daß die Wirkung ihrer Vereinigung die Ruhe des Aethermoleküles, also Finsternis ist. In gewissen Fällen spielt die Refrangibilität der verschiedenen Luftschichten, welche die Lichtstrahlen durchschneiden, mehr als die verschiedene Länge des Weges, die Hauptrolle bei der Erscheinung.

Die Stärke der Scintillation ist unter den Fixsternen selbst auffallend verschieden; nicht von der Höhe ihres Standes und von ihrer scheinbaren Größe allein abhängig, sondern, wie es scheint, von der Natur ihres eigenen Lichtprozesses. Einige, z. B. Wega, zittern weniger als Arctur und Procyon. Der Mangel der Scintillation bei den Planeten mit größeren Scheiben ist der Kompensation und ausgleichenden Farbenvermischung zuzuschreiben, welche die einzelnen Punkte der Scheibe geben. Es wird die Scheibe wie ein Aggregat von Sternen betrachtet, welche das fehlende, durch Interferenz vernichtete Licht gegenseitig ersetzen und die farbigen Strahlen zu weißem Lichte wiederum vereinigen. Bei Jupiter und Saturn bemerkt man deshalb am seltensten Spuren der Scintillation, wohl aber bei Merkur und Venus, da der scheinbare Durchmesser der Scheiben in den letztgenannten zwei Planeten bis 4,4″ und 9,5″ herabsinkt. Auch bei Mars kann zur Zeit der Konjunktion sich der Durchmesser bis 3,3″ vermindern. In den heiteren, kalten Winternächten der gemäßigten Zone vermehrt die Scintillation den prachtvollen Eindruck des gestirnten Himmels auch durch den Umstand, daß, indem wir Sterne 6. bis 7. Größe bald hier, bald dort aufglimmen sehen, wir, getäuscht, mehr leuchtende Punkte vermuten und zu erkennen glauben, als das unbewaffnete Auge wirklich unterscheidet.

Daher das populäre Erstaunen über die wenigen Tausende von Sternen, welche genaue Sternkataloge als dem bloßen Auge sichtbar angeben! Daß das zitternde Licht die Fixsterne von den Planeten unterscheide, war von früher Zeit den griechischen Astronomen bekannt; aber Aristoteles, nach der Ausströmungs- und Tangentialtheorie des Sehens, der er anhängt, schreibt das Zittern und Funkeln der Fixsterne, sonderbar genug, einer bloßen Anstrengung des Auges zu. „Die eingehefteten Sterne" (die Fixsterne) sagt er, „funkeln, die Planeten nicht; denn die Planeten sind nahe, so daß das Gesicht imstande ist, sie zu erreichen: bei den feststehenden aber (πρὸς δὲ τοὺς μένοντας) gerät das Auge wegen der Entfernung und Anstrengung in eine zitternde Bewegung."

Zu Galileis Zeiten, zwischen 1573 und 1604, in einer Epoche großer Himmelsbegebenheiten, da drei neue Sterne von mehr Glanz als Sterne erster Größe plötzlich erschienen und einer derselben im Schwan 21 Jahre leuchtend blieb, zog das Funkeln als das mutmaßliche Kriterium eines nicht planetarischen Weltkörpers Keplers Aufmerksamkeit besonders auf sich. Der damalige Zustand der Optik verhinderte freilich den um diese Wissenschaft so hochverdienten Astronomen, sich über die gewöhnlichen Ideen von bewegten Dünsten zu erheben. Auch unter den neu erschienenen Sternen, deren die chinesischen Annalen nach der großen Sammlung von Ma-tuan-lin erwähnen, wird bisweilen des sehr starken Funkelns gedacht.

Zwischen den Wendekreisen und ihnen nahe gibt bei gleichmäßigerer Mischung der Luftschichten die große Schwäche oder völlige Abwesenheit der Scintillation der Fixsterne, 12 bis 15 Grade über dem Horizont, dem Himmelsgewölbe einen eigentümlichen Charakter von Ruhe und milderem Lichte. Ich habe in mehreren meiner Naturschilderungen der Tropenwelt dieses Charakters erwähnt, der auch schon dem Beobachtungsgeiste von La Condamine und Bouguer in den peruanischen Ebenen, wie dem von Garcin in Arabien, Indien und an den Küsten des Persischen Meerbusens (bei Bender Abassi) nicht entgangen war.

Da der Anblick des gestirnten Himmels in der Jahreszeit perpetuierlich heiterer, ganz wolkenfreier Tropennächte für mich einen besonderen Reiz hatte, so bin ich bemüht gewesen, in meinen Tagebüchern stets die Höhen über dem Horizonte aufzuzeichnen, in der das Funkeln der Sterne bei verschiedenen Hygrometerständen aufhörte. Cumana und der regenlose Teil

des peruanischen Litorales der Südsee, wenn in letzterem die Zeit der Garua (des Nebels) noch nicht eingetreten war, eigneten sich vorzüglich zu solchen Beobachtungen. Nach Mittelzahlen scheinen die größeren Fixsterne meist nur unter 10° oder 12° Höhe über dem Horizont zu scintillieren. In größeren Höhen gießen sie aus ein milderes, planetarisches Licht. Am sichersten wird der Unterschied erkannt, wenn man dieselben Fixsterne in ihrem allmählichen Aufsteigen oder Niedersinken verfolgt und dabei die Höhenwinkel mißt oder (bei bekannter Ortsbreite und Zeit) berechnet. In einzelnen gleich heiteren und gleich windlosen Nächten erstreckte sich die Region des Funkelns bis 20°, ja bis 25° Höhe; doch war zwischen diesen Verschiedenheiten der Höhe oder der Stärke der Scintillation und den Hygrometer- und Thermometerständen, welche in der unteren uns allein zugänglichen Region der Luft beobachtet wurden, fast nie ein Zusammenhang zu entdecken. Ich sah in aufeinanderfolgenden Nächten nach beträchtlicher Scintillation 60° bis 70° hoher Gestirne, bei 85° des Saussureschen Haar-Hygrometers, die Scintillation bis 15° Höhe über dem Horizont völlig aufhören, und dabei doch die Luftfeuchtigkeit so ansehnlich vermehrt, daß das Hygrometer bis 93° fortschritt. Es ist nicht die Quantität der Wasserdämpfe, welche die Atmosphäre aufgelöst erhält; es ist die ungleiche Verteilung der Dämpfe in den übereinander liegenden Schichten und die, in den unteren Regionen nicht bemerkbaren, oberen Strömungen kalter und warmer Luft, welche das verwickelte Ausgleichungsspiel der Interferenz der Lichtstrahlen modifizieren. Auch bei sehr dünnem gelbrotem Nebel, der kurz vor Erdstößen den Himmel färbte, vermehrte sich auffallend das Funkeln hoch stehender Gestirne. Alle diese Bemerkungen beziehen sich auf die völlig heitere, wolken- und regenlose Jahreszeit der tropischen Zone 10° bis 12° nördlich und südlich vom Aequator. Die Lichtphänomene, welche beim Eintritt der Regenzeit während des Durchgangs der Sonne durch den Zenith erscheinen, hängen von sehr allgemein und kräftig, ja fast stürmisch wirkenden Ursachen ab. Die plötzliche Schwächung des Nordostpassates und die Unterbrechung regelmäßiger oberer Strömungen vom Aequator zu den Polen und unterer Strömungen von den Polen zum Aequator erzeugen Wolkenbildungen, täglich zu bestimmter Zeit wiederkehrende Gewitter und Regengüsse. Ich habe mehrere Jahre hintereinander bemerkt, wie an den Orten, an denen das Funkeln der Fixsterne überhaupt etwas

Seltenes ist, der Eintritt der Regenzeit viele Tage im voraus sich durch das zitternde Licht der Gestirne in großer Höhe über dem Horizont verkündigt. Wetterleuchten, einzelne Blitze am fernen Horizont ohne sichtbares Gewölk oder in schmalen, senkrecht aufsteigenden Wolkensäulen sind dann begleitende Erscheinungen. Ich habe diese charakteristischen Vorgänge, die physiognomischen Veränderungen der Himmelsluft in mehreren meiner Schriften zu schildern versucht.[24]

Ueber die Geschwindigkeit des Lichtes, über die Wahrscheinlichkeit, daß dasselbe eine gewisse Zeit zu seiner Fortpflanzung brauche, findet sich die älteste Ansicht bei Bacon von Verulam in dem zweiten Buche des Novum Organum. Er spricht von der Zeit, deren ein Lichtstrahl bedarf, die ungeheure Strecke des Weltraums zu durchlaufen; er wirft schon die Frage auf, ob die Sterne noch vorhanden sind, die wir gleichzeitig funkeln sehen?[25] Man erstaunt, diese glückliche Ahnung in einem Werke zu finden, dessen geistreicher Verfasser in mathematischem, astronomischem und physikalischem Wissen tief unter dem seiner Zeitgenossen stand. Gemessen wurde die Geschwindigkeit des reflektierten Sonnenlichts durch Römer (November 1675) mittels der Vergleichung von Verfinsterungsepochen der Jupiterstrabanten, die Geschwindigkeit des direkten Lichtes der Fixsterne mittels Bradleys großer Entdeckung der Aberration (Herbst 1727), des sinnlichen Beweises von der translatorischen Bewegung der Erde, d. i. von der Wahrheit des kopernikanischen Systemes. In der neuesten Zeit ist eine dritte Methode der Messung durch Arago vorgeschlagen worden, die der Lichterscheinungen eines veränderlichen Sternes, z. B. des Algol im Perseus.[26] Zu diesen astronomischen Methoden gesellt sich noch eine terrestrische Messung, welche mit Scharfsinn und Glück ganz neuerlich Herr Fizeau in der Nähe von Paris ausgeführt hat. Sie erinnert an einen frühen, zu keinem Resultate leitenden Versuch von Galilei mit zwei gegenseitig zu verdeckenden Laternen.

Aus Römers ersten Beobachtungen der Jupiterstrabanten schätzten Horrebow und du Hamel den Lichtweg in Zeit von der Sonne zur Erde bei mittlerer Entfernung erst 14′ 7″, dann 11′, Cassini 14′ 10″, Newton,[27] was recht auffallend ist, der Wahrheit weit näher 7′ 30″. Delambre fand, indem er bloß unter den Beobachtungen seiner Zeit die des ersten Trabanten in Rechnung nahm, 8′ 13,2″. Mit vielem Rechte hat Encke bemerkt, wie wichtig es wäre, in der sicheren Hoff-

nung, bei der jetzigen Vollkommenheit der Fernröhren übereinstimmende Resultate zu erlangen, eine eigene Arbeit über die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten zur Ableitung der Lichtgeschwindigkeit zu unternehmen.

Aus Bradleys, von Rigaud in Oxford wieder aufgefundenen Aberrationsbeobachtungen folgen nach der Untersuchung von Dr. Busch[28] in Königsberg für den Lichtweg von der Sonne zur Erde 8′ 12,14″; die Geschwindigkeit des Sternlichts 41994 geogr. Meilen (311614 km) in der Sekunde, und die Aberrationskonstante 20,2116″; aber nach neueren achtzehnmonatlichen Aberrationsbeobachtungen von Struve am großen Passageinstrument von Pulkowa[29] muß die erste dieser Zahlen ansehnlich vergrößert werden. Das Resultat dieser großen Arbeit war 8′ 17,78″, woraus bei der Aberrationskonstante von 20,4451″ mit Endes Verbesserung der Sonnenparallaxe im Jahre 1835 und der im astronomischen Jahrbuch für 1852 von ihm angegebenen Werte des Erdhalbmessers die Lichtgeschwindigkeit von 4549 geogr. Meilen (308312 km) folgt. Der wahrscheinliche Fehler in der Geschwindigkeit soll kaum noch 2 geogr. Meilen (15 km) betragen. Dies Struvische Resultat ist von dem Delambrischen (8,13,2″), das von Bessel in den Tab. Regiomont. und bisher in dem Berliner astronomischen Jahrbuche angewandt worden ist, für die Zeit, welche der Lichtstrahl von der Sonne zur Erde braucht, um $\frac{1}{100}$ verschieden. Als völlig abgeschlossen ist die Diskussion des Gegenstandes noch nicht zu betrachten. Die früher gehegte Vermutung, daß die Lichtgeschwindigkeit des Polarsterns in Verhältnis von 133 zu 134 schwächer sei als die seines Begleiters, ist aber vielem Zweifel unterworfen geblieben.

Ein durch seine Kenntnisse wie durch seine große Feinheit im Experimentieren ausgezeichneter Physiker, Herr Fizeau, hat durch sinnreich konstruierte Vorrichtungen, in denen künstliches sternartiges Licht von Sauerstoff und Wasserstoff durch einen Spiegel in 8633 m (26575 Par. Fuß) Entfernung, zwischen Suresne und la Butte Montmartre, an den Punkt zurückgesandt wird, von dem es ausgegangen, eine terrestrische Messung der Lichtgeschwindigkeit vollbracht. Eine mit 720 Zähnen versehene Scheibe, welche 12,6 Umläufe in der Sekunde machte, verdeckte abwechselnd den Lichtstrahl oder ließ ihn frei durch zwischen den Zähnen des Randes. Aus der Angabe eines Zählers (compteur) glaubte man schließen zu können, daß das künstliche Licht 17266 m, d. i. den doppelten Weg zwischen

den Stationen in $^1/_{15000}$ einer Zeitsekunde zurücklegte, woraus sich eine Geschwindigkeit von 310 788 km oder (da 1 geogr. Meile 7419 m ist) von 41 882 geogr. Meilen in der Sekunde[30] ergibt. Dies Resultat käme demnach dem von Delambre (41 903 Meilen) aus den Jupiterstrabanten geschlossenen am nächsten.

Direkte Beobachtungen und sinnreiche Betrachtungen über die Abwesenheit aller Färbung während des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne, auf die ich später zurückkommen werde, haben Arago zu dem Resultate geführt, daß nach der Undulationstheorie die Lichtstrahlen, welche verschiedene Farbe und also sehr verschiedenartige Länge und Schnelligkeit der Transversalschwingungen haben, sich in den himmlischen Räumen mit gleicher Geschwindigkeit bewegen. Deshalb ist aber doch im Inneren der verschiedenen Körper, durch welche die farbigen Strahlen gehen, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Brechung verschieden.[31] Die Beobachtungen Aragos haben nämlich gelehrt, daß im Prisma die Brechung nicht durch die relative Geschwindigkeit des Lichtes gegen die Erde verändert wird. Alle Messungen gaben einstimmig als Resultat, daß das Licht von den Sternen, nach welchen die Erde sich hinbewegt, denselben Brechungsinder darbietet als das Licht der Sterne, von welchen die Erde sich entfernt. In der Sprache der Emissionshypothese sagte der berühmte Beobachter, daß die Körper Strahlen von allen Geschwindigkeiten aussenden, daß aber unter diesen verschiedenen Geschwindigkeiten nur eine die Empfindung des Lichtes anzuregen vermag.[32]

Vergleicht man die Geschwindigkeit des Sonnen-, Sternen- und irdischen Lichtes, welche auch in den Brechungswinkeln des Prisma sich alle auf ganz gleiche Weise verhalten, mit der Geschwindigkeit des Lichtes der Reibungselektrizität, so wird man geneigt, nach den von Wheatstone mit bewundernswürdigem Scharfsinn angeordneten Versuchen die letztere auf das mindeste für schneller im Verhältnis wie 3 zu 2 zu halten. Nach dem schwächsten Resultate des Wheatstoneschen optischen Drehapparates legt das elektrische Licht in der Sekunde 288 000 englische Meilen (464 82 km) zurück oder (1 Statutmeile, deren 69,12 auf den Grad gehen, zu 4954 Pariser Fuß gerechnet) mehr als 62 500 geographische Meilen.[33] Rechnet man nun mit Struve für Sternenlicht in den Aberrationsbeobachtungen 41 549, so erhält man den oben angegebenen Unterschied von 20 951 geographischen Meilen (155 170 km) als größere Schnelligkeit der Elektrizität.

Diese Angabe widerspricht scheinbar der schon von William Herschel aufgestellten Ansicht, nach der das Sonnen- und Fixsternlicht vielleicht die Wirkung eines elektromagnetischen Prozesses, ein perpetuierliches Nordlicht sein soll. Ich sage scheinbar, denn es ist wohl nicht die Möglichkeit zu bestreiten, daß es in den leuchtenden Weltkörpern mehrere, sehr verschiedenartige magnetoelektrische Prozesse geben könne, in denen das Erzeugnis des Prozesses, das Licht, eine verschiedenartige Fortpflanzungsgeschwindigkeit besäße. Zu dieser Vermutung gesellt sich die Unsicherheit des numerischen Resultates in den Wheatstoneschen Versuchen. Ihr Urheber selbst hält dasselbe für „nicht hinlänglich begründet und neuer Bestätigung bedürftig", um befriedigend mit den Aberrations- und Satellitenbeobachtungen verglichen zu werden.

Neuere Versuche, welche Walker in den Vereinigten Staaten von Nordamerika über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität bei Gelegenheit seiner telegraphischen Längenbestimmungen von Washington, Philadelphia, New York und Cambridge machte, haben die Aufmerksamkeit der Physiker lebhaft auf sich gezogen. Nach Steinheils Beschreibung dieser Versuche war die astronomische Uhr des Observatoriums in Philadelphia mit dem Schreibapparate von Morse auf der Telegraphenlinie in solche Verbindung gesetzt, daß sich auf den endlosen Papierstreifen des Apparats der Gang dieser Uhr durch Punkte selbst aufzeichnete. Der elektrische Telegraph trägt jedes dieser Uhrzeichen augenblicklich nach den anderen Stationen und gibt denselben durch ähnliche Punkte auf ihren fortrückenden Papierstreifen die Zeit von Philadelphia. Auf diese Weise können willkürliche Zeichen oder der Moment des Durchganges eines Sternes in gleicher Art von dem Beobachter der Station eingetragen werden, indem er bloß mit dem Finger drückend eine Klappe berührt. „Der wesentliche Vorteil dieser amerikanischen Methode besteht," wie Steinheil sich ausdrückt, „darin, daß sie die Zeitbestimmung unabhängig von der Verbindung der beiden Sinne — Gesicht und Gehör — gemacht hat, indem der Uhrgang sich selbst notiert und der Moment des Sterndurchganges (nach Walkers Behauptung bis auf den mittleren Fehler von dem 70. Teil einer Sekunde) bezeichnet wird. Eine konstante Differenz der verglichenen Uhrzeichen von Philadelphia und Cambridge entspringt aus der Zeit, die der elektrische Strom braucht, um zweimal den Schließungskreis zwischen beiden Stationen zu durchlaufen."

Messungen, welche auf Leitungswegen von 1050 englischen oder 242 geographischen Meilen (1053 km) Länge angestellt wurden, gaben aus 18 Bedingungsgleichungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des hydrogalvanischen Stromes nur zu 18700 englischen oder 4060 geographischen Meilen (301 27 km),[34] d. h. fünfzehnmal langsamer als der elektrische Strom in Wheatstones Drehscheiben! Da in den merkwürdigen Versuchen von Walker nicht zwei Drähte angewandt wurden, sondern die Hälfte der Leitung, wie man sich auszudrücken pflegt, durch den feuchten Erdboden geschah, so könnte hier die Vermutung gerechtfertigt scheinen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität sowohl von der Natur als der Dimension des Mediums abhängig ist. Schlechte Leiter in der Voltaischen Kette erwärmen sich stärker als gute Leiter, und die elektrischen Entladungen sind nach den neuesten Versuchen von Rieß[35]) ein sehr verschiedenartig kompliziertes Phänomen. Die jetzt herrschenden Ansichten über das, was man „Verbindung durch Erdreich" zu nennen pflegt, sind der Ansicht von linearer Molekularleitung zwischen den beiden Drahtenden und der Vermutung von Leitungshindernissen, von Anhäufung und Durchbruch in einem Strome entgegen, da das, was einst als Zwischenleitung in der Erde betrachtet wurde, einer Ausgleichung (Wiederherstellung) der elektrischen Spannung allein angehören soll.

Wenn es gleich nach den jetzigen Grenzen der Genauigkeit in dieser Art von Beobachtungen wahrscheinlich ist, daß die Aberrationskonstante und demnach die Lichtgeschwindigkeit aller Fixsterne dieselbe ist, so ist doch auch mehrmals der Möglichkeit gedacht worden, daß es leuchtende Weltkörper gebe, deren Licht deshalb nicht bis zu uns gelangt, weil bei ihrer ungeheuren Masse die Gravitation die Lichtteilchen zur Umkehr nötigt. Die Emissionstheorie gibt solchen Phantasieen eine wissenschaftliche Form.[36] Ich erwähne hier derselben nur deshalb, weil später gewisser Eigentümlichkeiten der Bewegung, welche dem Procyon zugeschrieben wurden und auf eine Störung durch dunkle Weltkörper zu leiten schienen, Erwähnung geschehen muß. Es ist der Zweck dieses Teiles meines Werkes, das zu berühren, was zur Zeit seiner Ausarbeitung und seines Erscheinens die Wissenschaft nach verschiedenen Richtungen bewegt hat und so den individuellen Charakter einer Epoche in der siderischen wie in der tellurischen Sphäre bezeichnet.

Die photometrischen oder Helligkeitsverhältnisse selbst-

leuchtender Gestirne, welche den Weltraum erfüllen, sind seit mehr als zweitausend Jahren ein Gegenstand wissenschaftlicher Beobachtung und Schätzung gewesen. Die Beschreibung des gestirnten Himmels umfaßte nicht bloß die Ortsbestimmungen, die Messung des Abstandes der leuchtenden Weltkörper voneinander und von den Kreisen, welche sich auf den scheinbaren Sonnenlauf und die tägliche Bewegung des Himmelsgewölbes beziehen; sie berührte auch zugleich die relative Lichtstärke der Gestirne. Die Aufmerksamkeit der Menschen ist gewiß am frühesten auf den letzten Gegenstand geheftet gewesen; einzelne Sterne haben Namen erhalten, ehe man sie sich als mit anderen in Gruppen und Bildern verbunden dachte. Unter den wilden kleinen Völkerschaften, welche die dichten Waldgegenden des oberen Orinoko und Atabapo bewohnen, an Orten, wo der undurchdringliche Baumwuchs mich gewöhnlich zwang, zu Breitenbestimmungen nur hoch kulminierende Sterne zu beobachten, fand ich oft bei einzelnen Individuen, besonders bei Greisen, Benennungen für Canopus, Achernar, die Füße des Zentauren und α des südlichen Kreuzes. Hätte das Verzeichnis der Sternbilder, welches wir unter dem Namen der *Katasterismen* des Eratosthenes besitzen, das hohe Alter, das man ihm so lange zugeschrieben (zwischen Autolycus von Pitane und Timocharis, also fast anderthalb Jahrhunderte vor Hipparch), so besäßen wir in der Astronomie der Griechen eine Grenze für die Zeit, wo die Fixsterne noch nicht nach relativen Größen gereihet waren. Es wird in den *Katasterismen* bei der Aufzählung der Gestirne, welche jedem einzelnen Sternbilde zukommen, oft der Zahl der in ihnen *leuchtendsten* und der *größten*, oder der *dunkeln*, wenig erkennbaren gedacht,[37] aber keiner relativen Beziehung der Angaben von einem Sternbilde zum anderen. Die Katasterismen sind nach Bernhardy, Bachr und Letronne mehr als zwei Jahrhunderte neuer als der Katalog des Hipparchus, eine unfleißige Kompilation, ein Exzerpt aus dem, dem Julius Hyginus zugeschriebenen *Poeticum astronomicum*, wenn nicht aus dem Gedichte Ἐρατ. des alten Eratosthenes. Jener Katalog des Hipparchus, welchen wir in der Form besitzen, die ihm im Almagest gegeben ist, enthält die erste und wichtige Bestimmung der *Größenklassen* (Helligkeitsabstufungen) von 1022 Sternen, also ungefähr von $\frac{1}{3}$ aller am ganzen Himmel mit bloßen Augen sichtbaren Sterne zwischen 1. und 6. Größe, letztere mit eingeschlossen. Ob die Schätzungen von Hipparchus

allein herrühren, ob sie nicht vielmehr teilweise den Beobachtungen des Timocharis oder Aristyllus angehören, welche von Hypparchus so oft benutzt wurden, bleibt ungewiß.

Diese Arbeit ist die wichtige Grundlage gewesen, auf welcher die Araber und das ganze Mittelalter fortgebaut; ja die bis in das 19. Jahrhundert übergegangene Gewohnheit, die Zahl der Sterne erster Größe auf 15 zu beschränken (Mädler zählt deren 18, Rümker nach sorgfältigerer Erforschung des südlichen Himmels über 20), stammt aus der Klassifikation des Almageſt am Schluß der Sterntafel des achten Buches her. Ptolemäus, auf das natürliche Sehen angewiesen, nannte dunkle Sterne alle, welche schwächer als seine 6. Klasse leuchten; von dieser Klasse führt er sonderbarerweise nur 49 auf, fast gleichartig unter beide Hemisphären verteilt. Erinnert man sich, daß das Verzeichnis ungefähr den fünften Teil aller dem bloßen Auge sichtbaren Fixsterne aufführt, so hätte dasselbe nach Argelanders Untersuchungen 640 Sterne 6. Größe geben sollen. Die Nebelsterne (νεφελοειδεῖς) des Ptolemäus und der Katasterismen des Pseudo-Eratosthenes sind meist kleine Sternschwärme,[28] welche bei der reineren Luft des südlichen Himmels als Nebelflecke erscheinen. Ich gründe diese Vermutung besonders auf die Angabe eines Nebels an der rechten Hand des Perseus. Galilei, der so wenig als die griechischen und arabischen Astronomen den dem bloßen Auge sichtbaren Nebelfleck der Andromeda kannte, sagt im Nuncius sidereus selbst, daß stellae nebulosae nichts anderes sind als Sternhaufen, die wie areolae sparsim per aethera fulgent. Das Wort Größenordnung (τῶν μεγάλων τάξις), obgleich auf den Glanz beschränkt, hat doch schon im 9. Jahrhunderte zu Hypothesen über die Durchmesser der Sterne verschiedener Helligkeit geführt, als hinge die Intensität des Lichtes nicht zugleich von der Entfernung, dem Volum, der Masse und der eigentümlichen, den Lichtprozeß begünstigenden Beschaffenheit der Oberfläche eines Weltkörpers ab.

Zur Zeit der mongolischen Obergewalt, als im 15. Jahrhundert unter dem Timuriden Ulugh Beig die Astronomie in Samarkand in größter Blüte war, erhielten photometrische Bestimmungen dadurch einen Zuwachs, daß jede der 6 Klassen der hipparchischen und ptolemäischen Sterngrößen in 3 Unterabteilungen geteilt wurde; man unterschied kleine, mittlere und große Sterne der zweiten Größe, was an die Versuche zehnteiliger Abstufungen von Struve und Argelander erinnert.[29]

In den Tafeln von Ulugh Beig wird dieser photometrische Fortschritt, die genauere Bestimmung der Lichthelligkeiten, dem Abdurrahman Sufi zugeschrieben, welcher ein eigenes Werk „von der Kenntnis der Fixen“ herausgegeben hatte und zuerst der einen (Magelhaensschen) Lichtwolke unter dem Namen des Weißen Ochsen erwähnte. Seit der Einführung des teleskopischen Sehens und seiner allmählichen Vervollkommnung wurden die Schätzungen der Lichtabstufung weit über die 6. Klasse ausgedehnt. Das Bedürfnis, die im Schwan und im Ophiuchus neu erschienenen Sterne (der erstere blieb 21 Jahre lang leuchtend) in der Zunahme und Abnahme ihres Lichtes mit dem Glanze anderer Sterne zu vergleichen, reizte zu photometrischen Betrachtungen. Die sogenannten dunklen Sterne des Ptolemäus (unter der 6. Größe) erhielten numerische Benennungen relativer Lichtintensität. „Astronomen,“ sagt Sir John Herschel, „welche an den Gebrauch mächtiger, raumdurchdringender Fernröhren gewöhnt sind, verfolgen abwärts die Reihung der Lichtschwäche von der 8. bis zur 16. Größe.“ Aber bei so schwachem Lichtglanze sind die Benennungen der Größenklassen teilweise sehr unbestimmt, da Struve bisweilen zur 12. bis 13. Größe zählt, was John Herschel 18. bis 20. nennt.

Es ist hier nicht der Ort, die sehr ungleichartigen Methoden zu prüfen, welche in anderthalb Jahrhunderten, von Auzout und Huygens bis Bouguer und Lambert, von William Herschel, Rumford und Wollaston bis Steinheil und John Herschel, zu Lichtmessungen angewandt worden sind. Es genügt nach dem Zweck dieses Werkes die Methoden übersichtlich zu nennen. Sie waren: Vergleichung mit den Schatten künstlicher Lichter, in Zahl und Entfernung verschieden, Diaphragmen, Plangläser von verschiedener Dicke und Farbe, künstliche Sterne, durch Reflex aus Glaskugeln gebildet, Nebeneinanderstellung von zwei siebenfüßigen Teleskopen, bei denen man fast in einer Sekunde von einem zum anderen gelangen konnte; Reflexionsinstrumente, in welchen man zwei zu vergleichende Sterne zugleich sieht, nachdem das Fernrohr vorher so gestellt worden ist, daß der unmittelbar gesehene Stern zwei Bilder von gleicher Intensität gegeben hat;[40] Apparate mit einem vor dem Objektiv angebrachten Spiegel und mit Objektivblendungen, deren Drehung auf einem Ringe gemessen wird; Fernröhren mit geteilten Objekten, deren jede Hälfte das Sternlicht durch ein Prisma erhält; Astrometer,[41] in welchen

ein Prisma das Bild des Mondes oder des Jupiter reflektiert, und durch eine Linse in verschiedenen Entfernungen das Bild zu einem lichtvolleren oder lichtschwächeren Stern konzentriert wird. Der geistreiche Astronom, welcher in der neuesten Zeit in beiden Hemisphären sich am eifrigsten mit der numerischen Bestimmung der Lichtstärke beschäftigt hat, Sir John Herschel, gesteht doch nach vollbrachter Arbeit selbst, daß die praktische Anwendung genauer photometrischer Methoden noch immer als „ein Desideratum der Astronomie" betrachtet werden müsse, daß „die Lichtmessung in der Kindheit liege". Das zunehmende Interesse für die veränderlichen Sterne, und eine neue Himmelsbegebenheit, die außerordentliche Lichtzunahme eines Sternes im Schiffe Argo im Jahre 1837, haben das Bedürfnis sicherer Lichtbestimmungen jetzt mehr als je fühlen lassen.

Es ist wesentlich zu unterscheiden zwischen der bloßen Reihung der Gestirne nach ihrem Glanze, ohne numerische Schätzungen der Intensität des Lichtes (eine solche Reihung enthält Sir John Herschels wissenschaftliches Handbuch für Seefahrer), und zwischen Klassifikationen mit zugefügten Zahlen, welche die Intensität unter der Form sogenannter Größenverhältnisse oder durch die gewagteren Angaben der Quantitäten des ausgestrahlten Lichtes ausdrücken.[42] Die erste Zahlenreihe, auf Schätzungen mit dem bloßen Auge gegründet, aber durch sinnreiche Bearbeitung des Stoffes vervollkommnet, verdient unter den approximativen Methoden in dem gegenwärtigen so unvollkommenen Zustande der photometrischen Apparate wahrscheinlich den Vorzug,[43] so sehr auch bei ihr durch die Individualität des Beobachters, die Heiterkeit der Luft, die verschiedene Höhe weit voneinander entfernter und nur vermöge vieler Mittelglieder zu vergleichender Sterne, vor allem aber durch die ungleiche Färbung des Lichtes die Genauigkeit der Schätzungen gefährdet wird. Sehr glänzende Sterne erster Größe: Sirius und Canopus, α Centauri und Achernar, Deneb und Wega, sind schon bei weißem Lichte, weit schwieriger durch Schätzung des bloßen Auges miteinander zu vergleichen als schwächere Sterne unter der 6. und 7. Größe. Die Schwierigkeit der Vergleichung nimmt bei Sternen sehr intensiven Lichtes aber noch zu, wenn gelbe Sterne: Procyon, Capella oder Atair mit rötlichen, wie Aldebaran, Arctur und Beteigeuze, verglichen werden sollen.

Mittels einer photometrischen Vergleichung des Mondes mit dem Doppelsterne α Centauri des südlichen Himmels, dem

dritten aller Sterne an Lichtstärke, hat Sir John Herschel es versucht, das Verhältnis zwischen der Intensität des Sonnenlichts und dem Lichte eines Sternes 1. Größe zu bestimmen; es wurde dadurch (wie früher durch Wollaston) ein Wunsch erfüllt, den John Michell schon 1767 ausgesprochen hatte. Nach dem Mittel aus 11 Messungen, mit einem prismatischen Apparate veranstaltet, fand Sir John Herschel den Vollmond 27408mal heller als α Centauri. Nun ist nach Wollaston[44] die Sonne 801072mal lichtstärker als der Vollmond; es folgt also daraus, daß das Licht, welches uns die Sonne zusendet, sich zu dem Lichte, das wir von α Centauri empfangen, ungefähr verhält wie 22000 Millionen zu 1. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, wenn man nach seiner Parallaxe die Entfernung des Sternes in Anschlag bringt, daß dessen innere (absolute) Leuchtkraft die unserer Sonne $2^{3}/_{10}$mal übersteigt. Die Helligkeit von Sirius hat Wollaston 20000 Millionenmal schwächer gefunden als die der Sonne. Nach dem, was man jetzt von der Parallaxe des Sirius zu wissen glaubt (0,230″), überträfe aber seine wirkliche (absolute) Lichtstärke die der Sonne 63mal. Unsere Sonne gehörte also durch die Intensität ihrer Lichtprozesse zu den schwachen Fixsternen. Sir John Herschel schätzt die Lichtstärke des Sirius gleich dem Lichte von fast zweihundert Sternen 6. Größe. Da es nach Analogie der schon eingesammelten Erfahrungen sehr wahrscheinlich ist, daß alle Weltkörper, wenn auch nur in sehr langen und ungemessenen Perioden, *veränderlich* sind im *Raume* wie in der *Lichtstärke*, so erscheint, bei der Abhängigkeit alles organischen Lebens von der Temperatur und Lichtstärke der Sonne, die Vervollkommnung der Photometrie wie ein großer und ernster Zweck wissenschaftlicher Untersuchung. Diese Vervollkommnung allein kann die Möglichkeit darbieten, künftigen Geschlechtern numerische Bestimmungen zu hinterlassen über den Lichtzustand des Firmaments. Viele geognostische Erscheinungen, welche sich beziehen auf die thermische *Geschichte unseres Luftkreises*, auf ehemalige Verbreitung von Pflanzen- und Tierarten, werden dadurch erläutert werden. Auch waren solche Betrachtungen schon vor mehr als einem halben Jahrhunderte dem großen Forscher William Herschel nicht entgangen, welcher, ehe noch der enge Zusammenhang von Elektrizität und Magnetismus entdeckt war, die ewig leuchtenden Wolkenhüllen des Sonnenkörpers mit dem Polarlichte des Erdballes verglich.

Das vielversprechendste Mittel direkter Messung der Lichtstärke hat Arago in dem Komplementarzustande der durch Transmission und Reflexion gesehenen Farbenringe erkannt. Ich gebe in einer Anmerkung[45] mit den eigenen Worten meines Freundes die Angabe seiner photometrischen Methode, der er auch den optischen Grundsatz, auf welchem sein Cyanometer beruht, beigefügt hat.

Die sogenannten Größenverhältnisse der Fixsterne, welche jetzt unsere Kataloge und Sternkarten angeben, führen zum Teil als gleichzeitig auf, was bei den kosmischen Lichtveränderungen sehr verschiedenen Zeiten zugehört. Ein sicheres Kennzeichen solcher Lichtveränderungen ist aber nicht immer, wie lange angenommen worden ist, die Reihenfolge der Buchstaben, welche in der seit dem Anfang des 17. Jahrhunderts so viel gebrauchten Uranometria Bayeri den Sternen beigefügt sind. Argelander hat glücklich erwiesen, daß man von dem alphabetischen Vorrange nicht auf die relative Helligkeit schließen kann, und daß Bayer in der Wahl der Buchstaben sich von der Gestalt und Richtung der Sternbilder habe leiten lassen.[46]

Anmerkungen.

[1] (S. 42.) Morin sagt selbst in seiner 1634 erschienenen Scientia longitudinum: „Applicatio tubi optici ad alhidadam pro stellis fixis prompte et accurate mensurandis a me excogitata est.“ Picard bediente sich noch bis 1667 keines Fernrohrs am Mauerquadranten, und Hevelius, als ihn Halley 1679 in Danzig besuchte und die Genauigkeit seiner Höhenmessungen bewunderte, beobachtete durch vervollkommnete Spaltöffnungen.

[2] (S. 42.) Der unglückliche, lang verkannte Gascoigne fand, kaum 23 Jahre alt, den Tod in der Schlacht bei Marston Moor, die Cromwell den königlichen Truppen lieferte. Ihm gehört, was man lange Picard und Auzout zugeschrieben und was der beobachtenden Astronomie, deren Hauptgegenstand es ist, Orte am Himmelsgewölbe zu bestimmen, einen vorher unerreichten Aufschwung gegeben hat. [William Gascoigne, geb. um 1621, gest. am 2. Juli 1644, ist der Erfinder des Mikrometers. — D. Herausg.]

[3] (S. 43.) Die Stelle, in welcher Strabo die Ansicht des Posidonius zu widerlegen sucht, lautet nach den Handschriften also: „Das Bild der Sonne vergrößere sich auf den Meeren, ebensowohl beim Aufgang als beim Untergang, weil da in größerem Maße die Ausdünstungen aus dem feuchten Elemente aufsteigen; denn das Auge, wenn es durch die Ausdünstungen sehe, empfange, wie wenn es durch Röhren sieht, gebrochen die Bilder in erweiterter Gestalt, und dasselbe geschehe, wenn es durch eine trockene und dünne Wolke Sonne und Mond im Untergehen sehe, in welchem Falle denn auch das Gestirn rötlich erscheine.“ Man hat diese Stelle noch ganz neuerdings für korrumpiert gehalten und statt δι' ἀέρων: δι' ὑάλων (durch Glaskugeln) lesen wollen. Die vergrößernde Kraft der hohlen gläsernen, mit Wasser gefüllten Kugeln war den Alten allerdings so bekannt, als die Wirkungen der Brenngläser oder Brennkristalle und des Neronischen Smaragds, aber zu astronomischen Meßinstrumenten konnten jene Kugeln gewiß nicht dienen. Sonnenhöhen, durch dünne, lichte Wolken oder durch vulkanische Dämpfe genommen, zeigen keine Spur vom Einfluß der Refraktion. Obrist Baeyer [berühmter Geodät, geb. 5. November 1794 zu Müggelsheim bei Köpenick, gest. am 10. September 1885 zu Berlin als kgl. preuß. Generallieutenant und Präsident des geodätischen Instituts,

sowie des Centralbüreaus der europäischen Gradmessung. — Der Herausg.] hat bei vorbeiziehenden Nebelstreifen, ja bei geflissentlich erregten Dämpfen keine Angularveränderung des Heliotroplichts gefunden und also Aragos Versuche völlig bestätigt. Peters in Pulkowa, indem er Gruppen von Sternhöhen, bei heiterem Himmel und durch lichte Wolken gemessen, vergleicht, findet keinen Unterschied, der 0,017" erreicht. — Ueber die Anwendung der Röhren beim Absehen in den arabischen Instrumenten s. Jourdain, Sur l'Observatoire de Meragah p. 27 und A. Sédillot, Mém. sur les Instruments astronomiques des Arabes 1841. p. 198. Arabische Astronomen haben auch das Verdienst, zuerst große Gnomonen mit kleiner zirkularer Oeffnung eingeführt zu haben. In dem kolossalen Sextanten von Abu Mohammed al-Chokandi erhielt der von 5 zu 5 Minuten eingeteilte Bogen das Bild der Sonne selbst. „A midi les rayons du Soleil passaient par une ouverture pratiquée dans la voûte de l'Observatoire qui couvrait l'instrument, suivaient le *tuyau* et formaient sur la concavité du Sextant une image circulaire, dont le centre donnait, sur l'arc gradué, le complément de la hauteur du soleil. Cet instrument ne diffère de Notre Mural qu'en ce qu'il était garni d'un simple tuyau au lieu d'une lunette." Sédillot p. 37. 202 und 205. Die durchlöcherten Absehen (Diopter n, pinnulae) wurden bei den Griechen und Arabern zu Bestimmung des Monddurchmessers dergestalt gebraucht, daß die zirkulare Oeffnung in der beweglichen Objektivdiopter größer als die der feststehenden Okulardiopter war, und erstere so lange verschoben ward, bis die Mondscheibe, durch die Okularöffnung gesehen, die Objektivöffnung ausfüllte. Die Absehen mit runden oder Spaltöffnungen des Archimedes, welcher sich der Schattenrichtung von zwei kleinen, an derselben Alhidade befestigten Cylinder bediente, scheinen eine erst von Hipparch eingeführte Vorrichtung zu sein.

[4] (S. 44.) P. Angelo Secchi, der sich mehrere Jahre mit ganz besonders großem Eifer mit der Untersuchung der Sternspektren beschäftigte und fast alle Hauptsterne nebst vielen anderen, im ganzen wenigstens 4000 unter das Spektroskop brachte, hat die Thatsache erwiesen, daß trotz der großen Anzahl der Sterne, die Spektren derselben sich auf wenige bestimmte und wohl unterschiedene Formen, vier Typen, wie er sie nennt, zurückführen lassen. Zwischen den verschiedenen Typen gibt es nun manche Uebergangsstufen, so daß es bei manchen Sternen zweifelhaft sein kann, welchem Typus sie zuzurechnen sind. Andererseits sind einige Sterne mit besonders auffälligen Spektren überhaupt unter Secchis Typen nicht unterzubringen, und der gelehrte Jesuit hat daher einzelne Sterne wieder zu einem fünften Typus zusammengefaßt. — [D. Herausg.]

[5] (S. 45.) Für die wichtige Unterscheidung des eigenen und reflektierten Lichtes kann hier als Beispiel angeführt werden Aragos Untersuchung des Kometenlichtes. Durch Anwendung der von ihm

1811 entdeckten chromatischen Polarisation bewies die Erzeugung von Komplementarfarben, rot und grün, daß in dem Lichte des Halleyschen Kometen (1835) reflektiertes Sonnenlicht enthalten sei. Den früheren Versuchen mittels gleicher und ungleicher Intensität der Bilder im Polaristop das eigene Licht der Capella mit dem des plötzlich (Anfang Juli 1819) aus den Sonnenstrahlen heraustretenden glanzvollen Kometen zu vergleichen, habe ich selbst beigewohnt.

[6] (S. 45.) Lettre de M. Arago à Alexandre de Humboldt 1840. p. 37: „A l'aide d'un polariscope de mon invention, je reconnus (avant 1820), que la lumière de tous les corps terrestres incandescents, *solides* ou *liquides*, est de la lumière naturelle, tant qu'elle émane du corps sous des incidences perpendiculaires. La lumière, au contraire, qui sort de la surface incandescente sous un angle aigu, offre des marques manifestes de polarisation. Je ne m'arrête pas à te rappeler ici, comment je déduisis de ce fait de conséquence curieuse que la lumière ne s'engendre pas seulement à la surface des corps; qu'une portion naît *dans leur substance même*, cet substance fût-elle du platine. J'ai seulement besoin de dire qu'en répétant la même série d'épreuves et avec les mêmes instruments sur la lumière que lance une substance *gazeuse* enflammée, on ne lui trouve, *sous quelque inclinaison que ce soit*, aucun des caractères de la *lumière polarisée*; que la lumière des gaz, prise à la sortie de la surface enflammée, est de la lumière naturelle: ce qui n'empêche pas qu'elle ne se polarise ensuite complètement si on la soumet à des réflexions ou à des réfractions convenables. De là une méthode très simple pour découvrir à 40 millions de lieues de distance la nature du Soleil. La lumière provenant *du bord de cet astre*, la lumière émanée de la matière solaire *sus un angle aigu*, et nous arrivant sans avoir éprouvé en route des réflexions ou des réfractions sensibles, offre-t-elle des traces de polarisation: le Soleil est un corps *solide* ou *liquide*. S'il n'y a, au contraire, aucun indice de polarisation dans la lumière du bord, la *partie incandescente* du Soleil *est gazeuse*. C'est par cet enchainement méthodique d'observations qu'on peut arriver à des notions exactes sur la constitution physique du Soleil." Alle umständlichen optischen Erörterungen, die ich den gedruckten oder handschriftlichen Abhandlungen meines Freundes entlehne, gebe ich mit seinen eigenen Worten wieder, um Mißdeutungen zu vermeiden, welche bei dem Zurückübertragen in die französische Sprache oder in viele andere Sprachen, in denen der Kosmos erscheint, durch das Schwankende der wissenschaftlichen Terminologie entstehen könnten.

[7] (S. 45.) Um die Behauptung des Aratus, daß in den Plejaden nur sechs Sterne sichtbar sind, zu widerlegen, sagt Hipp-

arch: „Dem Aratus ist ein Stern entgangen. Denn wenn man in einer heiteren und mondlosen Nacht sein Auge auf die Konstellation scharf heftet, so erscheinen in derselben sieben Sterne, daher es wundersam scheinen kann, daß Attalus bei seiner Beschreibung der Plejaden ihm (dem Aratus) auch dieses Versehen hat durchgehen lassen, als sei dessen Angabe in der Ordnung." Merope wird in den dem Eratosthenes zugeschriebenen Katasterismen die unsichtbare, παναφανής, genannt.

[8] (S. 46.) Ideler, Sternnamen S. 19 und 25. — „On observe," sagt Arago, „qu'une lumière forte fait disparaître une lumière faible placée dans le voisinage. Quelle peut en être la cause? Il est possible physiologiquement que l'ébranlement communiqué à la rétine par la lumière forte s'étend au delà des points que la lumière forte a frappés, et que cet ébranlement secondaire absorbe et neutralise en quelque sorte l'ébranlement provenant de la seconde et faible lumière. Mais sans entrer dans ces causes physiologiques, il y a une cause directe qu'on peut indiquer pour la disparition de la faible lumière: c'est que les rayons provenant de la grande n'ont pas seulement formé une image nette sur la rétine, mais se sont dispersés aussi sur toutes les parties de cet organe à cause des imperfections de transparence de la cornée. — Les rayons du corps plus brillant *a* en traversant la cornée se comportent comme en traversant un corps légèrement dépoli. Une partie de ces rayons réfractés régulièrement forme l'image même de *a*, l'autre partie *dispersée* éclaire la totalité de la rétine. C'est donc sur ce fond lumineux que se projette l'image de l'objet voisin *b*. Cette dernière image doit donc ou disparaître ou être affaiblie. De jour deux causes contribuent à l'affaiblissement des étoiles. L'une de ces causes c'est l'image distincte de cette portion de l'atmosphère comprise dans la direction de l'étoile (de la portion aérienne placée entre l'oeil et l'étoile) et sur laquelle l'image de l'étoile vient de se peindre; l'autre cause c'est la lumière diffuse provenant de la dispersion que les défauts de la cornée impriment aux rayons émanants de tous les points de l'atmosphère visible. *De nuit* les couches atmosphériques interposées entre l'oeil et l'étoile vers laquelle on vise, n'agissent pas: chaque étoile du firmament forme une image plus nette, mais une partie de leur lumière se trouve dispersée à cause du manque de diaphanité de la cornée. Le même raisonnement s'applique à une deuxième, troisième .... millième étoile. La rétine se trouve donc éclairée en totalité par une lumière diffuse, proportionnelle au nombre de ces étoiles et à leur éclat. On conçoit par-là que cette somme de lumière diffuse affaiblisse ou fasse entièrement disparaître l'image de l'étoile vers laquelle on dirige la vue." (Arago, handschriftliche Aufsätze vom Jahr 1847.)

[3] (S. 47.) Arago im Annuaire pour 1842, p. 284 und in den Comptes rendus T. XV. 1842, p. 750. „In Bezug auf Ihre Vermutungen über die Sichtbarkeit des Jupiterstrabanten," schreibt mir Herr Dr. Galle, „habe ich einige Schätzungen der Größe angestellt, jedoch gegen mein eigenes Erwarten gefunden, daß dieselben nicht 5. Größe, sondern höchstens 6. oder 7. Größe sind. Bloß der hellste, dritte Trabant zeigte sich einem benachbarten Sterne 6. Größe (den ich in einiger Entfernung vom Jupiter nur eben mit unbewaffnetem Auge erkennen konnte) etwa gleich, so daß, mit Rücksicht auf den Schein des Jupiter, dieser Trabant vielleicht 5. bis 6. Größe geschätzt werden könnte, wenn er isoliert stände. Der 4. Trabant befand sich in seiner größten Elongation; ich konnte ihn aber nur 7. Größe schätzen. Die Strahlen des Jupiter würden die Sichtbarkeit dieses Trabanten nicht hindern, wenn derselbe heller wäre. Nach Vergleichungen des Aldebaran mit dem benachbarten, deutlich als doppelt erkennbaren Stern ϑ Tauri (mit 5½ Minuten Distanz) schätze ich für ein gewöhnliches Auge die Strahlenbrechung des Jupiters auf mindestens 5—6 Minuten." Diese Schätzungen stimmen mit denen von Arago überein; dieser glaubt sogar, daß die falschen Strahlen bei einigen Personen das Doppelte betragen. Die mittleren Entfernungen der vier Trabanten vom Centrum des Hauptplaneten sind bekanntlich 1'51", 2'57", 4'42" und 8,16". „Si nous supposons que l'image de Jupiter, dans certains yeux exceptionnels, s'épanouisse seulement par des rayons d'une ou deux minutes d'amplitude, il ne semblera pas impossible que les satellites soient de tems en tems aperçus, sans avoir besoin de recourir à l'artifice de l'amplification. Pour vérifier cette conjecture, j'ai fait construire une petite lunette dans laquelle l'objectif et l'oculaire ont à peu près le même foyer, et qui dès lors *ne grossit point*. Cette lunette ne détruit pas entièrement les rayons divergents, mais elle en réduit considérablement la longueur. Cela a suffi pour qu'un Satellite convenablement écarté de la planète, soit devenu visible. Le fait a été constaté par tous les jeunes astronomes de l'Observatoire." Arago in den Comptes rendus T. XV (1842), p. 751. — Als ein merkwürdiges Beispiel der Scharfsichtigkeit und großen Sensibilität der Netzhaut einzelner Individuen, welche mit unbewaffnetem Auge Jupiterstrabanten sehen, kann ein 1837 in Breslau verstorbener Schneidermeister Schön angeführt werden, über den mir der gelehrte und thätige Direktor der dortigen Sternwarte, Herr von Boguslawski, interessante Mitteilungen gemacht hat. „Nachdem man sich mehrfach seit 1820 durch ernste Prüfung überzeugt hatte, daß in heiteren, mondlosen Nächten Schön die Stellung von Jupiterstrabanten, selbst von mehreren zugleich, richtig angab, und man ihm von den Ausstrahlungen und Sternschwänzen sprach, die andere zu hindern schienen ein Gleiches zu thun, äußerte Schön seine Verwunderung über jene hindernden

Ausstrahlungen. Aus den lebhaft geführten Debatten zwischen ihm und den Umstehenden über die Schwierigkeit des Sehens der Trabanten mit bloßem Auge mußte der Schluß gezogen werden, dem Schön seien Planeten und Fixsterne immer frei von Strahlen, wie leuchtende Punkte, erschienen. Am besten sah er den dritten Trabanten, auch wohl den ersten, wenn er gerade in der größten Digression war; nie aber sah er den zweiten und vierten allein. Bei nicht ganz günstiger Luft erschienen ihm die Trabanten bloß als schwache Lichtstreifen. Kleine Fixsterne, vielleicht wegen des funkelnden, minder ruhigen Lichtes, verwechselte er bei den Versuchen nie mit Trabanten. Einige Jahre vor seinem Tode klagte mir Schön, daß seine alternden Augen nicht mehr bis zu den Jupitersmonden reichten, und daß sie jetzt auch bei heiterer Luft ihm einzeln nur ihre Stelle als schwache lichte Streifen bezeichneten." Die eben erwähnten Versuche stimmten ganz mit dem, was längst über die relative Helligkeit der Jupiterstrabanten bekannt ist; denn Helligkeit und Qualität des Lichtes wirken bei Individuen von so großer Vollkommenheit und Sensibilität des Organs wahrscheinlich mehr als Abstand vom Hauptplaneten. Schön sah nie den zweiten und vierten Trabanten. Jener ist der kleinste von allen, dieser nach dem dritten allerdings der größte und fernste, aber periodisch von dunkler Färbung und gewöhnlich der lichtschwächste unter den Trabanten. Von dem dritten und ersten, die am besten und häufigsten mit unbewaffnetem Auge gesehen wurden, ist jener, der größte aller, in der Regel der hellste, und von sehr entschieden gelber Farbe; dieser, der erste, übertrifft bisweilen in der Intensität seines hellgelben Lichtes den Glanz des dritten und viel größeren. (Mädler, Astron. 1846, S. 231 bis 234 und 439.) Wie durch eigene Brechungsverhältnisse im Sehorgan entfernte leuchtende Punkte als lichte Streifen erscheinen können, zeigen Sturm und Airy in den Comptes rendus de l'Acad. des Sc. T. XX, 1845, p. 764—766.

[10] (S. 47.) „L'image *épanouie* d'une étoile de 7ème grandeur n'ébranle pas suffisamment la rétine: elle n'y fait pas naître une sensation appréciable de lumière. Si l'image *n'était point épanouie* (par des rayons divergents), la sensation aurait plus de force, et l'étoile se verrait. La première classe d'étoiles invisibles à l'oeil nu ne serait plus alors la septième: pour la trouver, il faudrait peut-être descendre alors jusqu'à la 12e. Considérons un groupe d'étoiles de 7e grandeur tellement rapprochées les unes des autres que les intervalles échappent nécessairement à l'oeil. *Si la vision avait de la netteté*, si l'image de chaque étoile était très petite et bien terminée, l'observateur apercevrait un champ de lumière dont chaque point aurait *l'éclat concentré* d'une étoile de 7e grandeur. *L'éclat concentré* d'une étoile de 7e grandeur suffit à la vision à l'oeil nu. Le groupe serait donc visible à l'oeil nu. Dila-

tons maintenant sur la rétine l'image de chaque étoile du groupe; remplaçons chaque point de l'ancienne image générale par un petit cercle: ces cercles empiéteront les uns sur les autres, et les divers points de la rétine se trouveront éclairés par de la lumière venant simultanément de plusieurs étoiles. Pour peu qu'on y réfléchisse, il restera évident qu'excepté sur les bords de l'image générale, l'aire lumineuse ainsi éclairée a précisément, à cause de la superposition des cercles, la même intensité que dans le cas où chaque étoile n'éclaire qu'un seul point au fond de l'oeil; mais si chacun de ces points reçoit une lumière égale en intensité à la lumière concentrée d'une étoile de 7e grandeur, il est clair que l'épanouissement des images individuelles des étoiles contiguës ne doit pas empêcher la visibilité de l'ensemble. Les instruments télescopiques ont, quoiqu'à un beaucoup moindre degré, le défaut de donner aussi aux étoiles un *diamètre sensible et factice*. Avec ces instruments, comme à l'oeil nu, on doit donc apercevoir des groupes, composés d'étoiles inférieures en intensité à celles que les mêmes lunettes ou télescopes feraient apercevoir isolément." Arago im Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1842, p. 284.

[11] (S. 49.) Die von Buffon erwähnte Stelle des Aristoteles findet sich in einem Buche, wo man sie am wenigsten gesucht hatte: in dem De generat. Animal. V. 1, p. 780 Bekker. Sie lautet genau übersetzt folgendermaßen: „Scharf sehen heißt einerseits vermögen, fern zu sehen, andererseits die Unterschiede des Gesehenen genau erkennen. Beides ist nicht zugleich bei denselben (Individuen) der Fall. Denn derjenige, welcher sich die Hand über die Augen hält oder durch eine Röhre sieht, ist nicht mehr und nicht weniger imstande die Unterschiede der Farben zu ergründen, wird aber wohl die Gegenstände in größerer Entfernung sehen. So kommt es ja auch vor, daß die, welche in Erdgewölben und Zisternen sich befinden, von da aus bisweilen Sterne sehen." Ὀρύγματα und besonders φρέατα sind unterirdische Zisternen oder Quellgemächer, welche in Griechenland, wie als Augenzeuge Prof. Franz bemerkt, durch einen senkrechten Schacht mit Luft und Licht in Verbindung gesetzt sind und sich nach unten wie der Hals einer Flasche erweitern. Plinius sagt: „Altitudo cogit minores videri stellas: affixas caelo Solis fulgor interdiu non cerni, quum aeque ac noctu lucrant: idque manifestum fiat *defectu Solis et praealtis puteis*. Kleomedes spricht nicht von bei Tage gesehenen Sternen, behauptet aber, „daß die Sonne, aus tiefsten Zisternen betrachtet, größer erscheine wegen der Dunkelheit und feuchten Luft".

[12] (S. 50.) „We have ourselves heard it stated by a celebrated Optician, that the earliest circumstance which drew his attention to astronomy, was the regular appearance, at a

certain hour, for several successive days, of a considerable star, through the shaft of a chimney." John Herschel, Outlines of Astr. § 61. Die Rauchfangkehrer, bei denen ich nachgeforscht, berichten bloß, aber ziemlich gleichförmig, „daß sie bei Tage nie Sterne gesehen, daß aber bei Nacht ihnen aus tiefen Röhren die Himmelsdecke ganz nahe und die Sterne wie vergrößert schienen." Ich enthalte mich aller Betrachtung über den Zusammenhang beider Illusionen.

[13] (S. 51.) Humboldt, Voy. aux Régions équin. T. I, p. 125: „On croyoit voir de petites fusées lancées dans l'air. Des points lumineux, élevés de 7 à 8 degrés, paroissoient d'abord se mouvoir dans le sens vertical, mais puis se convertir en une véritable oscillation horizontale. Ces points lumineux étoient des images de plusieurs étoiles agrandies (en apparence) par les vapeurs et revenant au même point d'où elles étoient parties."

[14] (S. 51.) Prinz Adalbert von Preußen, aus meinem Tagebuche 1847, S. 213. Hängt die von mir beschriebene Erscheinung vielleicht mit der zusammen, welche Carlini beim Durchgange des Polarsterns und bei dessen Oszillationen von 10 bis 12 Sekunden in dem stark vergrößernden Mailänder Mittagsfernrohr beobachtet hat? Brandes will sie auf Luftspiegelung (mirage) zurückführen. Auch das sternartige Heliotroplicht sah ein vortrefflicher und geübter Beobachter, Obrist Baeyer, oft in horizontalem Hin- und Herschwanken.

[15] (S. 54.) Das ausgezeichnete künstlerische Verdienst von Konstantin Huygens, welcher Sekretär des Königs Wilhelm III. war, ist neuerdings in das gehörige Licht gesetzt worden, durch Uylenbroek in der Oratio de fratribus Christiano atque Constantino Hugenio, artis dioptricae cultoribus, 1838: und von dem gelehrten Direktor der Leidener Sternwarte, Prof. Kaiser, in Schumachers astron. Nachr. Nr. 592, S. 246.

[16] (S. 54.) „Nous avons placé ces grands verres," sagt Dominique Cassini, „tantôt sur un grand mât, tantôt sur la *tour de bois venue de Marly*; enfin nous les avons mis dans un tuyau monté sur un support en forme d'échelle à trois faces, ce qui a eu (dans la découverte des Satellites de Saturne) le succès que nous en avions espéré." Diese übermäßigen Längen der optischen Werkzeuge erinnern an die arabischen Meßinstrumente: Quadranten von 180 Fuß (57,5 m) Radius, in deren eingeteilten Bogen das Sonnenbild durch eine kleine runde Oeffnung gnomonisch einfiel. Ein solcher Quadrant stand zu Samarkand, wahrscheinlich dem früher konstruierten Sextanten von 57 Fuß (8,5 m) Höhe des Al-Chokandi nachgebildet.

[17] (S. 55.) Früher schon hatte der mystische, aber in optischen Dingen sehr erfahrene Kapuzinermönch Schyrle von Rheita

in seinem Oculus Enoch et Eliae (Antv., 1645) von der nahen Möglichkeit gesprochen, sich 4000malige Vergrößerungen der Fernröhren zu schaffen, um genaue Vergkarten des Mondes zu liefern.

[18] (S. 55.) Ich habe in dem Texte die Benennungen Herschel'scher Spiegelteleskope von 40, 29 und 7 englischen Fußen beibehalten, wenn ich auch sonst überall französisches Maß anwende; ich thue dies hier nicht bloß, weil diese Benennungen bequemer sind, sondern hauptsächlich, weil sie durch die großen Arbeiten des Vaters und des Sohnes in England und zu Feldhausen am Vorgebirge der guten Hoffnung eine historische Weihe erhalten haben.

[19] (S. 56.) Cauchois und Lerebours haben auch Objektive von mehr als 12½ Par. Zoll (333 mm) und 23½ Fuß (7,5 m) Fokalweite geliefert.

[20] (S. 57.) Herr Airy hat neuerlichst die Fabrikationsmethoden beider Teleskope vergleichend beschrieben, den Guß der Spiegel und die Metallmischung, die Vorrichtung zum Polieren, die Mittel der Aufstellung. Von dem Effekt des sechsfüßigen Metallspiegels des Lord Rosse heißt es dort: „The Astronomer Royal (Mr. Airy) alluded tho te impression made by the enormous light of the telescope: partly by the modifications produced in the appearances of nebulae already figured, partly by the great number of stars seen even at a distance from the Milky Way, and partly from the prodigious brilliancy of *Saturn*. The account given by another astronomer of the appearance of *Jupiter* was, that it resembled a coach-lamp in the telescope: and this well expresses the blaze of light which is seen in the instrument." Vergl. Sir John Herschel, Outl. of Astr. § 870: „The sublimity of the spectacle afforded by the magnificent reflecting telescope constructed by Lord Rosse of some of the larger globular clusters of nebulae is declared by all, who have witnessed it, to be such as no words can express. This telescope has resolved or rendered resolvable multitudes of nebulae which had resisted all inferior powers."

[21] (S. 58.) „La *lumière atmosphérique diffuse* ne peut s'expliquer par le reflet des rayons solaires sur la surface de séparation des couches de différentes densités dont on suppose l'atmosphère composée. En effet supposons le Soleil placé à l'horizon, les surfaces de séparation dans la direction du zénith seraient horizontales, par conséquent la réflexion serait horizontale aussi et nous ne verrions aucune lumière au zénith. Dans la supposition des couches aucun rayon ne nous arriverait par voie d'une première réflexion. Ce ne seraient que les réflexions multiples qui pourraient agir. Donc pour expliquer la *lumière diffuse*, il faut se figurer l'atmosphère composée de molécules (sphériques par exemple) dont chacune donne une image du soleil à peu près comme les boules de verre que nous plaçons dans nos jardins. L'air pur est bleu:

parce que d'après Newton les molécules de l'air ont l'*épaisseur* qui convient à la réflexion des rayons bleus. Il est donc naturel que les petites images du soleil que de tous côtés réfléchissent les molécules sphériques de l'air et qui sont la lumière diffuse, aient une teinte bleue: mais ce bleu n'est pas du bleu pur, c'est un blanc dans lequel le bleu prédomine. Lorsque le ciel n'est pas dans toute sa pureté et que l'air est mêlé de vapeurs visibles, la lumière diffuse reçoit beaucoup de blanc. Comme la lune est jaune, le bleu de l'air pendant la nuit est un peu verdâtre, c'est-à-dire mélangé de bleu et de jaune." (Arago, Handschrift von 1847.)

[22] (S. 58.) D'un des effets des Lunettes sur la visibilité des étoiles. (Lettre de Mr. Arago à Mr. de Humboldt, en décembre 1847.)

„L'oeil n'est doué que d'une sensibilité circonscrite, bornée. Quand la lumière qui frappe la rétine, n'a pas assez d'intensité, l'oeil ne sent rien. C'est par un manque d'intensité que beaucoup d'*étoiles*, même dans les nuits les plus profondes, échappent à nos observations. Les lunettes ont pour effet, *quant aux étoiles*, d'augmenter l'intensité de l'image. Le faisceau cylindrique de rayons parallèles venant d'une étoile, qui s'appuie sur la surface de la lentille objective et qui a cette surface circulaire pour base, se trouve considérablement resserré à la sortie de la lentille oculaire. Le diamètre du premier cylindre est au diamètre du second, comme la distance focale de l'objectif est à la distance focale de l'oculaire, ou bien comme le diamètre de l'objectif est au diamètre *de la portion d'oculaire*, qu'occupe le faisceau émergent. Les intensités de lumière dans les deux cylindres en question (dans les deux cylindres incident et émergent) doivent être entr' elles comme les étendues superficielles des bases. Ainsi la lumière émergente sera plus condensée, *plus intense*, que la lumière naturelle tombant sur l'objectif, dans le rapport de la surface de cet objectif à la surface circulaire de la base du faisceau émergent. Le faisceau *émergent, quand la lunette grossit*, étant plus étroit que le faisceau cylindrique qui tombe sur l'objectif, il est évident que la pupille, quelle que soit son ouverture, recueillera plus de rayons par l'intermédiaire de la lunette que sans elle. La lunette augmentera donc toujours l'intensité de la lumière *des étoiles*."

„Le cas *le plus favorable*, quant à l'effet des lunettes, est évidemment celui où l'oeil reçoit la totalité du faisceau émergent, le cas où ce faisceau a moins de diamètre que la pupille. Alors *toute la lumière* que l'objectif rembrasse, concourt, par l'entremise du télescope, à la formation de l'image. A l'oeil nu, au contraire, *une portion* seule de cette même lumière est mise à profit: c'est la petite portion que la surface de la

pupille découpe dans le faisceau incident naturel. L'intensité de l'image télescopique d'une *étoile* est donc à l'intensité de l'image à l'oeil nu, *comme la surface de l'objectif est à celle de la pupille*".

„Ce qui précède, est relatif à la visibilité d'un seul point, d'une seule étoile. Venons à l'observation d'un objet ayant des dimensions angulaires sensibles, à l'observation d'une *planète*. Dans les cas les plus favorables, c'est-à-dire lorsque la pupille reçoit la totalité du pinceau émergent, l'intensité de l'image *de chaque point* de la planète se calculera par la proportion que nous venons de donner. La quantité *totale de lumière* concourant à former *l'ensemble* de l'image à l'oeil nu, sera donc aussi à la *quantité totale de lumière* qui forme l'image de la planète à l'aide d'une lunette, comme la surface de la pupille est à la surface de l'objectif. Les intensités comparatives, non plus de points isolés, mais des deux images d'une planète, qui se forment sur la rétine à l'oeil nu, et par l'intermédiaire d'une lunette, doivent évidemment *diminuer* proportionnellement aux *étendues superficielles* de ces deux images. Les dimensions *linéaires* des deux images sont entr' elles comme le diamètre de l'objectif est au diamètre du faisceau émergent. Le nombre de fois que la *surface* de l'image amplifiée surpasse la *surface* de l'image à l'oeil nu, s'obtiendra donc en divisant le carré du *diamètre* de *l'objectif* par le carré du *diamètre du faisceau émergent*, ou bien la *surface de l'objectif par la surface de la base circulaire du faisceau émergent.*"

„Nous avons déjà obtenu le rapport des *quantités totales de lumière* qui engendrent les deux images *d'une planète*, en divisant la surface de l'objectif *par la surface de la pupille*. Ce nombre est *plus petit* que le quotient auquel on arrive in divisant la *surface de l'objectif* par la *surface du faisceau émergent*. Il en résulte, quant aux planètes: qu'une lunette fait moins gagner en intensité de lumière, qu'elle ne fait perdre en agrandissant *la surface* des images sur la rétine: l'intensité de ces images doit donc aller continuellement en s'affaiblissant à mesure que le pouvoir amplificatif de la lunette ou du télescope s'accroît."

„L'atmosphère peut être considérée comme une planète à dimensions indéfinies. La portion qu'on en verra dans une lunette, subira donc aussi la *loi* d'affaiblissement que nous venons d'indiquer. Le rapport entre l'intensité de la lumière d'une *planète* et le champ de lumière atmosphérique à travers lequel on la verra, sera le même à l'oeil nu et dans les lunettes de tous les grossissements, de toutes les dimensions. Les lunettes, *sous le rapport de l'intensité*, ne favorisent donc pas la visibilité *des planètes*."

„Il n'en est point ainsi des *étoiles*. L'intensité de l'image d'une étoile est plus forte avec une lunette qu'à l'oeil nu; au contraire, le champ de la vision, uniformément éclairé dans les deux cas par la lumière atmosphérique, est plus clair à l'oeil nu que dans la lunette. Il y a donc deux raisons, sans sortir des considérations d'intensité, pour que dans une lunette l'image de l'étoile prédomine sur celle de l'atmosphère, notablement plus qu'à l'oeil nu."

„Cette prédominance doit aller graduellement en augmentant avec le grossissement. En effet, abstraction faite de certaine augmentation du diamètre de l'étoile, conséquence de divers effets de *diffraction* ou d'*interférence*, abstraction faite aussi d'une plus forte réflexion que la lumière subit sur les surfaces plus obliques des oculaires de très courts foyers, *l'intensité de la lumière de l'étoile est constante* tant que l'ouverture de l'objectif ne varie pas. Comme on l'a vu, la *clarté du champ* de la lunette, au contraire, *diminue sans cesse* à mesure que le pouvoir amplificatif s'accroît. Donc, toutes autres circonstances restant égales, une étoile sera d'autant plus visible, sa prédominance sur la lumière du champ du télescope sera d'autant plus tranchée qu'on fera usage d'un grossissement plus fort." (Arago, Handschrift von 1847.) — Ich füge noch hinzu aus dem Annuaire du Bureau des Long. pour 1846 (notices scientif. par Mr. Arago) p. 381: „L'expérience a montré que, pour le commun des hommes, deux espaces éclairés et contigus ne se distinguent pas l'un de l'autre, à moins que leurs intensités comparatives ne présentent, au minimum, une différence de $^1/_{60}$. Quand une lunette est tournée vers le firmament, son champ semble uniformément éclairé: c'est qu'alors il existe, dans un plan passant par le foyer et perpendiculaire à l'axe de l'objectif, une *image indéfinie* de la région atmosphérique vers laquelle la lunette est dirigée. Supposons qu'un astre, c'est-à-dire un objet situé bien au delà de l'atmosphère, se trouve dans la direction de la lunette: son image ne sera visible qu'autant qu'elle augmentera de $^1/_{60}$, au moins, l'intensité de la portion de l'image focale *indéfinie* de l'atmosphère, sur laquelle sa propre image *limitée* ira se placer. Sans cela, le champ visuel continuera à *paraître* partout de la même intensité."

[23] (S. 59.) Die früheste Bekanntmachung von Aragos Erklärung der Scintillation geschah in dem Anhange zum 4. Buche meines Voyage aux Régions équinoxales T. I, p. 623. Ich freue mich, mit den hier folgenden Erläuterungen, welche ich aus den oben (Anm. 6) angegebenen Gründen wieder in dem Originaltexte abdrucken lasse, den Abschnitt über das natürliche und teleskopische Sehen bereichern zu können.

Des causes de la Scintillation des étoiles.

„Ce qu'il y a de plus remarquable dans le phénomène de la scintillation, c'est le changement de couleur. Ce changement est beaucoup plus fréquent que l'observation ordinaire l'indique. En effet, en agitant la lunette, on transforme l'image dans une ligne ou un cercle, et tous les points de cette ligne ou de ce cercle paraissent de couleurs différentes. C'est la résultante de la superposition de toutes ces images que l'on voit, lorsqu'on laisse la lunette immobile. Les rayons qui se réunissent au foyer d'une lentille, vibrent d'accord ou en désaccord, s'ajoutent ou se détruisent, suivant que les couches qu'ils ont traversées, ont telle ou telle réfringence. L'ensemble des rayons rouges peut se détruire *seul*, si ceux de droite et de gauche et ceux de haut et de bas ont traversé de milieux inégalement réfringents. Nous avons dit *seul*, parce que la différence de réfringence qui correspond à la destruction du rayon rouge, n'est pas la même que celle qui amène la destruction du rayon vert, et réciproquement. Maintenant si des rayons rouges sont détruits, ce qui reste, sera le blanc moins le rouge, c'est-à-dire du vert. Si le vert au contraire est détruit par *interférence*, l'image sera du blanc moins le vert, c'est-à-dire du rouge. Pour expliquer pourquoi les planètes à grand diamètre ne scintillent pas ou très peu, il faut se rappeler que le disque peut être considéré comme une agrégation d'étoiles ou de petits points qui scintillent isolément: mais les images de différentes couleurs que chacun de ces points pris isolément donnerait, empiétant les unes sur les autres, formeraient du blanc. Lorsqu'on place un diaphragme ou un bouchon percé d'un trou sur l'objectif d'une lunette, les étoiles acquièrent un disque entouré d'une série d'anneaux lumineux. Si l'on enfonce l'oculaire, le disque de l'étoile augmente de diamètre, et il se produit dans son centre un trou obscur: si on l'enfonce davantage, un point lumineux se substitue au point noir. Un nouvel enfoncement donne naissance à un centre noir, etc. Prenons la lunette lorsque le centre de l'image est noir, et visons à une étoile qui ne scintille pas: le centre restera noir, comme il l'était auparavant. Si au contraire on dirige la lunette à une étoile qui scintille, on verra le centre de l'image lumineux et obscur par intermittence. Dans la position où le centre de l'image est occupé par un point lumineux, on verra ce point disparaître et renaître successivement. Cette disparition ou réapparition du point central est la preuve directe de l'*interférence* variable des rayons. Pour bien concevoir l'absence de lumière au centre de ces images dilatées, il faut se rappeler que les rayons régulièrement réfractés par l'objectif ne se réunissent et ne peuvent par conséquent *interférer* qu'au foyer: par

conséquent les images dilatées que ces rayons peuvent produire, resteraient toujours pleines (sans trou). Si dans une certaine position de l'oculaire un trou se présente au centre de l'image, c'est que les rayons régulièrement réfractés *interfèrent* avec des rayons *diffractés* sur les bords du diaphragme circulaire. Le phénomène n'est pas constant, parce que les rayons qui interfèrent dans un certain moment, n'interfèrent pas un instant après, lorsqu'ils ont traversé des couches atmosphériques dont le pouvoir réfringent a varié. On trouve dans cette expérience la preuve manifeste du rôle que joue dans le phénomène de la scintillation l'inégale réfrangibilité des couches atmosphériques traversées par les rayons dont le faisceau est très étroit."

„Il résulte de ces considérations que l'explication des scintillations ne peut être rattachée qu'aux phénomènes des *interférences lumineuses*. Les rayons des étoiles, après avoir traversé une atmosphère où il existe des couches inégalement chaudes, inégalement denses, inégalement humides, vont se réunir au foyer d'une lentille, pour y former des images d'intensité et de couleurs perpétuellement changeantes, c'est-à-dire des images telles que la scintillation les présente. Il y a aussi scintillation hors du foyer des lunettes. Les explications proposées par Galilei, Scaliger, Kepler, Descartes, Hooke, Huygens, Newton et John Michell, que j'ai examinées dans un mémoire présenté à l'Institut en 1840 (Comptes rendus T. X, p. 83), sont inadmissibles. Thomas Young, auquel nous devons les premières lois des interférences, a cru inexplicable le phénomène de la scintillation. La fausseté de l'ancienne explication par des vapeurs qui voltigent et déplacent, est déjà prouvée par la circonstance que nous voyons la scintillation des yeux, ce qui supposerait un déplacement d'une minute. Les ondulations du bord du Soleil sont de 4″ à 5″ et peut-être des pièces qui *manquent*, donc encore effet de l'interférence des rayons." (Auszüge aus Handschriften von Arago 1847.)

[24] (S. 63.) „En Arabie," sagt Garcin, „de même qu'à Bender-Abassi, port fameux du Golfe Persique, l'air est parfaitement serein presque toute l'année. Le printemps, l'été et l'automne se passent, sans qu'on y voie la moindre rosée. Dans ces mêmes temps tout le monde couche dehors sur le haut des maisons. Quand on est ainsi couché, il n'est pas possible d'exprimer le plaisir qu'on prend à contempler la beauté du ciel, l'éclat des étoiles. C'est une lumière pure, ferme et éclatante, sans étincellement. Ce n'est qu'au milieu de l'hiver que la Scintillation, quoique très-foible, s'y fait apercevoir."

[25] (S. 63.) Von den Täuschungen sprechend, welche die Geschwindigkeiten des Schalles und des Lichts verlassen, sagt Bacon: „Atque hoc cum similibus nobis quandoque dubitationem

peperit plane monstrosam; videlicet, utrum coeli sereni et stellati facies ad idem tempus cernatur, quando vere existit, an potius aliquanto post; et utrum non sit (quatenus ad visum coelestium) non minus tempus verum et tempus visum, quam locus verus et locus visus, qui notatur ab astronomis in parallaxibus. Adeo incredibile nobis videbatur, species sive radios corporum coelestium, per tam immensa spatia milliarium, subito deferri posse ad visum; sed potius debere eas in tempore aliquo notabili delabi. Verum illa dubitatio (quoad majus aliquod intervallum temporis inter tempus verum et visum) postea plane evanuit, reputantibus nobis . . .“ Er nimmt dann, ganz nach Art der Alten, eine eben geäußerte wahre Ansicht wieder zurück.

[26] (S. 63.) S. Aragos Entwickelung seiner Methode im Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1842. p. 337 bis 343. „L'observation attentive des phases d'Algol à six mois d'intervalle servira à déterminer directement la vitesse de la lumière de cette étoile. Près du maximum et du minimum le changement d'intensité s'opère lentement; il est au contraire rapide à certaines époques intermédiaires entre celles qui correspondent aux deux états extrêmes, quand Algol, soit en diminuant, soit en augmentant d'éclat, passe par la troisième grandeur.“

[27] (S. 63.) Newton, Opticks 2d Ed. (Lond. 1718). p. 325: „Light moves from the Sun to us 7 or 8 minutes of time.“ Newton vergleicht die Geschwindigkeit des Schalles (1140 feet [348 m] in 1″) mit der des Lichtes. Wenn er für die letztere, nach Beobachtungen von Verfinsterungen von Jupiterstrabanten (der Tod des großen Mannes fällt ungefähr ein halbes Jahr vor Bradleys Entdeckung der Aberration), von der Sonne zur Erde 7′ 30″ rechnet, bei der Annahme von einem Abstand von 70 Millionen englischer Meilen (112650000 km), so durchläuft das Licht in jeder Zeitsekunde 155555⅔ engl. Meilen (250337 km). Die Reduktion dieser Meilen auf geographische (15 = 1°) ist Schwankungen unterworfen, je nachdem man die Gestalt der Erde verschieden annimmt. Nach Enckes genauen Annahmen im Jahrbuch für 1852 gehen (wenn nach Dove 1 engl. Meile = 5280 engl. Fuß = 4954206 Pariser Fuß) 69 1637 engl. Meilen auf einen Aequatorialgrad. Für Newtons Angabe folgt demnach eine Lichtgeschwindigkeit von 33736 geographischen Meilen (250436 km). Newton hat aber die Sonnenparallaxe zu 12″ angenommen. Ist diese, wie sie Enckes Berechnung des Venusdurchganges gegeben hat, 8,57116″, so wird damit die Entfernung größer, und man erhält für die Lichtgeschwindigkeit (bei 7½ Minuten) 47232 geographische Meilen (350482 km) für eine Zeitsekunde; also zu viel, statt vorher zu wenig. Es ist gewiß sehr merkwürdig, und von Delambre nicht bemerkt worden, daß Newton, während die Angaben des Licht-

weges in dem Halbmesser der Erdbahn seit Römers Entdeckung 1675 bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts, übertrieben hoch, zwischen 11′ und 14′ 10″ schwankten, vielleicht auf neuere englische Beobachtungen des ersten Trabanten gestützt, der Wahrheit (dem jetzt angenommenen Struvischen Resultate) ungefähr bis auf 47″ nahe kam. Die älteste Abhandlung, in welcher Römer, Picards Schüler, der Akademie seine Entdeckung vortrug, war vom 22. November 1675. Er fand durch 40 Aus- und Eintritte der Jupiterstrabanten „un retardement de lumière de 22 minutes par l'intervalle qui est le double de celui qu'il y a d'ici au Soleil.“ Cassini bestritt nicht die Thatsache der Verlangsamung, aber er bestritt das angegebene Zeitmaß, weil (was sehr irrig ist), verschiedene Trabanten andere Resultate darböten. Du Hamel, der Sekretär der Pariser Akademie gibt, 17 Jahre nachdem Römer Paris verlassen hatte, und doch ihn bezeichnend, 10 bis 11 Minuten an; aber wir wissen durch Peter Horrebow, daß Römer, als er 1704, also 6 Jahre vor seinem Tode, ein eigenes Werk über die Geschwindigkeit des Lichtes herausgeben wollte, bei dem Resultate von 11′ fest beharrte, ebenso Huygens. Ganz anders verfährt Cassini; er findet für den ersten Trabanten 7′ 5″, für den zweiten 14′ 12″, und legte für seine Jupitertafeln zum Grunde 14′ 10″ pro peragrando diametri semissi. Der Irrtum war also im Zunehmen.

[28] (S. 64.) Ueber die bisherigen Erklärungsversuche der Aberration nach der Undulationstheorie des Lichts s. Doppler in den Abhandl. der Kön. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaft, 5. Folge, Bd. III, S. 745 bis 765. Ungemein merkwürdig ist für die Geschichte großer astronomischer Entdeckungen, daß Picard mehr als ein halbes Jahrhundert vor Bradleys eigentlicher Entdeckung und Erklärung der Ursache der Aberration, wahrscheinlich seit 1667, eine wiederkehrende Bewegung des Polarsternes von ungefähr 20″ bemerkt, welche „weder Wirkung der Parallare, noch der Refraktion sein könne und in entgegengesetzten Jahreszeiten sehr regelmäßig sei“. Picard war auf dem Wege, die Geschwindigkeit des direkten Lichts früher zu entdecken, als sein Schüler Römer die Geschwindigkeit des reflektierten Lichtes bekannt machte.

[29] (S. 64.) Wenn in dem Annuaire pour 1842, p. 287 die Geschwindigkeit des Lichtes in der Sekunde zu 308000 km oder 77000 lieues (also jede zu 4000 m) geschätzt wird, so steht diese Angabe der neuen Struvischen am nächsten. Sie gibt 41507 geogr. Meilen (308000 km), die der Pulkowaer Sternwarte 41549 (308312 km). Ueber den Unterschied der Aberration des Polarsternes und seines Begleiters, und Struves eigene neuere Zweifel s. Mädler, Astronomie 1849, S. 393. Ein noch größeres Resultat für den Lichtweg von der Sonne zur Erde gibt William Richardson, nämlich 8′ 19,28″, wozu die Geschwindigkeit von 41422 geogr. Meilen (307370 km) gehört.

[30] (S. 65.) Fizeau gibt sein Resultat in lieues an, deren

25 auf einen Aequatorialgrad gehen und welche demnach 4452 m haben; zu 70000 solcher lieues in der Sekunde. In Moignos Répert. d'Optique moderne P. III, p. 1162 ist das Resultat zu 70843 lieues (25 = 1°) angegeben, also 42506 geogr. Meilen (315413 km), dem Resultat von Bradley nach Busch am nächsten.

[31] (S. 65.) „D'après la théorie mathématique dans le système des ondes, les rayons de différentes couleurs, les rayons dont les ondulations sont inégales, doivent néanmoins se propager dans l'Éther avec la même vitesse. Il n'y a pas de différence à cet égard entre la propagation des ondes sonores, lesquelles se propagent dans l'air avec la même rapidité. Cette égalité de propagation des ondes sonores est bien établie expérimentalement par la similitude d'effet que produit une musique donnée à toutes distances du lieu où l'on exécute. La principale difficulté, je dirai l'unique difficulté qu'on eût élevée contre le système des ondes, consistait donc à expliquer, comment la vitesse de propagation des rayons de différentes couleurs dans des corps différents pouvait être dissemblable et servir à rendre compte de l'inégalité de réfraction de ces rayons ou de la dispersion. On a montré récemment que cette difficulté n'est pas insurmontable: qu'on peut constituer l'Éther dans les corps inégalement denses de manière que des rayons à ondulations dissemblables s'y *propagent* avec des vitesses inégales; reste à déterminer, si les conceptions des géomètres à cet égard sont conformes à la nature de choses. Voici les amplitudes des ondulations déduites expérimentalement d'une série de faits relatifs aux interférences:

	mmm
violet . . .	0,000423
jaune . . .	0,000551
rouge . . .	0,000620.

La vitesse de transmission des rayons de différentes couleurs dans les espaces célestes est la même dans le système des ondes et tout à fait indépendante de l'étendue ou de la vitesse des ondulations." Arago, Handschr. von 1849. Vergl. auch Annuaire pour 1842, p. 333 bis 336. — Die Länge der Lichtwelle des Aethers und die Geschwindigkeit der Schwingungen bestimmen den Charakter der Farbenstrahlen. Zum Violett, dem am meisten refrangibeln Strahle, gehören 662, zum Rot, der am wenigsten refrangibeln Strahle (bei größter Wellenlänge), nur 451 Billionen Schwingungen in der Sekunde.

[32] (S. 65.) „J'ai prouvé, il y a bien des années, par des observations directes, que les rayons des étoiles vers lesquelles la Terre marche, et les rayons des étoiles dont la Terre s'éloigne, se réfractent exactement de la même quantité. Un tel résultat ne peut se concilier *avec la théorie de l'émission*

qu'à laide d'une addition importante a faire à cette théorie: il faut admettre que les corps lumineux émettent des rayons de toutes les vitesses, et que les seuls rayons d'une vitesse déterminée sont visibles, qu'eux seuls produisent dans l'oeil la sensation de lumière. Dans la théorie de l'émission, le rouge, le jaune, le vert, le bleu, le violet solaires sont respectivement accompagnés de rayons pareils, mais obscurs par défaut ou par excès de vitesse. A plus de vitesse correspond une moindre réfraction, comme moins de vitesse entraine une réfraction plus grande. Ainsi chaque rayon rouge visible est accompagné de rayons obscurs de la même nature, qui se réfractent les uns plus, les autres moins que lui, ainsi *il existe des rayons dans les stries noires* de la portion rouge du spectre: la même chose doit être admise des stries situées dans les portions jaunes, vertes, bleues et violettes." Arago in den Comptes rendus de l'Acad. des Sciences T. XVI. 1843. p. 404 Nach den Ansichten der Undulationstheorie senden die Gestirne Wellen von unendlich verschiedenen transversalen Oszillationsgeschwindigkeiten aus.

[33] (S. 65.) Wheatstone in den Philos. Transact. of the Royal Soc. for 1834. p. 589 und 591. Aus den in dieser Abhandlung beschriebenen Versuchen scheint zu folgen, daß das menschliche Auge fähig ist, Lichterscheinungen zu empfinden (p. 591), „deren Dauer auf ein Millionenteilchen einer Sekunde eingeschränkt ist". Ueber die im Texte erwähnte Hypothese, nach welcher das Sonnenlicht unserem Polarlicht analog ist, s. Sir John Herschel, Results of Astron. Observ. at the Cape of Good Hope 1847. p. 351. Der scharfsinnigen Anwendung eines durch Breguet vervollkommneten Wheatstoneschen Drehungsapparats, um zwischen der Emissions- und Undulationstheorie zu entscheiden, da nach der ersteren das Licht schneller, nach der zweiten langsamer durch Wasser als durch Luft geht, hat Arago schon erwähnt.

[34] (S. 67.) Noch neuere sinnreiche Versuche von Mitchel, Direktor der Sternwarte von Cincinnati und von Fizeau und Gounelle zu Paris (April 1850) entfernen sich zugleich von Wheatstones und Walkers Resultaten. Auffallende Unterschiede von Leitung durch Eisen und Kupfer zeigen die Versuche in den Comptes rendus T. XXX, 1850, p. 439.

[35] (S. 67.) Ueber die Nichtleitung des zwischenliegenden Erdreichs s. die wichtigen Versuche von Guillemin sur le courant dans une pile isolée et sans communication entre les pôles in den Compt. rendus T. XXIX. 1849. p. 521. „Quand on remplace un fil par la terre dans les télégraphes électriques, la terre sert plutôt de réservoir commun que de moyen d'union entre les deux extrémités du fil."

[36] (S. 67.) Laplace nach Moigno, Répertoire

d'Optique moderne 1847, T. I. p. 72: „Selon la théorie de l'émission on croit pouvoir démontrer que si le diamètre d'une étoile fixe serait 250 fois plus grand que celui du soleil, sa densité restant la même, l'attraction exercée à sa surface détruirait la quantité de mouvement de la molécule lumineuse émise, de sorte qu'elle serait invisible à de grandes distances." Wenn man dem Arcturus mit William Herschel einen scheinbaren Durchmesser von 0,1" zuschreibt, so folgt aus dieser Annahme, daß der wirkliche Durchmesser dieses Sterns nur 11mal größer ist als der unserer Sonne. Nach der obigen Betrachtung über eine der Ursachen des Nichtleuchtens würde bei sehr verschiedenen Dimensionen der Weltkörper die Lichtgeschwindigkeit verschieden sein müssen, was bisher durch die Beobachtung keineswegs bestätigt ist. (Arago in den Comptes rendus T. VIII. 1839. p. 326: „Les expériences sur l'égale déviation prismatique des étoiles vers lesquelles la terre marche ou dont elle s'éloigne, rend compte de l'égalité de vitesse apparente des rayons de toutes les étoiles.")

[37] (S. 68.) Die Beschreibung unterscheidet unter den Sternen λαμπρούς (μεγάλους) und ἀμαυρούς. Ebenso Ptolemäus; bei ihm beziehen sich οἱ ἀμόρφωτοι nur auf die Sterne, welche nicht förmlich zu einem Sternbilde gehören.

[38] (S. 69.) Ptol. Almag. und in Eratosth. Catast.: ἡ δὲ κεφαλὴ καὶ ἡ ἅρπη ἄναπτος ὁρᾶται, διὰ δὲ νεφελώδους συστροφῆς δοκεῖ τισιν ὁρᾶσθαι. Ebenso Geminus, Phaenom.

[39] (S. 69.) Einige Handschriften des Almagest deuten auch auf solche Unterabteilungen oder Zwischenklassen hin, da sie den Größenbestimmungen die Wörter μείζων oder ἐλάττων zufügen. Tycho drückte diese Mehrung und Minderung durch Punkte aus.

[40] (S. 70.) Das ist die Anwendung des Spiegelsextanten zur Bestimmung der Lichtstärke der Sterne, dessen ich mich mehr noch als der Diaphragmen, die mir Borda empfohlen hatte, unter den Tropen bedient habe. Ich begann die Arbeit unter dem schönen Himmel von Cumana und setzte sie später in der südlichen Hemisphäre, unter weniger günstigen Verhältnissen, auf der Hochebene der Andes und dem Südseeufer bei Guayaquil bis 1803 fort. Ich hatte mir eine willkürliche Skale gebildet, in der ich Sirius als den glänzendsten aller Fixsterne = 100 setzte; die Sterne 1. Größe zwischen 100 und 80, die 2. Größe zwischen 80 und 60, die 3. Größe zwischen 60 und 45, die 4. Größe zwischen 45 und 30, die 5. Größe zwischen 30 und 20. Ich musterte besonders die Sternbilder des Schiffes und des Kranichs, in denen ich seit La Cailles Zeit Veränderungen zu finden glaubte. Mir schien, nach sorgfältigen Kombinationen der Schätzung und andere Sterne als Mittelstufen benutzend, Sirius so viel lichtstärker als Canopus, wie α Centauri lichtstärker ist als Achernar. Meine Zahlen können wegen der oben erwähnten Klassifikation

keineswegs unmittelbar mit denen verglichen werden, welche Sir John Herschel schon seit 1838 bekannt gemacht hat. (Siehe Lettre de Mr. de Humboldt à Mr. Schumacher en févr. 1839, in den Astr. Nachr. Nr. 374.) In diesem Briefe heißt es: „Mr. Arago, qui possède des moyens photométriques entièrement différents de ceux qui ont été publiés jusqu'ici, m'avait rassuré sur la partie des erreurs qui pouvaient provenir du changement d'inclinaison d'un miroir entamé sur la face intérieure. Il blâme d'ailleurs le principe de ma méthode et le regarde comme peu susceptible de perfectionnement, non seulement à cause de la différence des angles entre l'étoile vue directement et celle qui est amenée par réflexion, mais surtout parce que le résultat de la mesure d'intensité dépend de la partie de l'oeil qui se trouve en face de l'oculaire. Il y a erreur lorsque la pupille n'est pas très exactement à la hauteur de la limite inférieure de la portion non entamée du petit miroir."

[41] (S. 70.) Mit dem Photometer von Steinheil hat Seidel 1846 die Lichtquantitäten mehrerer Sterne 1. Größe, welche in unseren nördlichen Breiten in hinreichender Höhe erscheinen, zu bestimmen versucht. Er setzt Wega = 1, und findet dann: Sirius 5,13; Rigel, dessen Glanz im Zunehmen sein soll, 1,30; Arcturus 0, 84; Capella 0,83; Procyon 0,71; Spica 0,49; Atair 0,40; Aldebaran 0,36; Deneb 0,35; Regulus 0,34; Pollux 0,30. Beteigeuze fehlt, weil er veränderlich ist, wie sich besonders zwischen 1836 und 1839 gezeigt hat.

[42] (S. 71.) Um die bisher übliche konventionelle Sprache (die alte Klasseneinteilung nach Größen) zu vervollkommnen, ist in den Outlines of Astronomie p. 645 der vulgar Scale of Magnitudes, die am Ende dieses Abschnittes mit Verbindung der nördlichen und südlichen Sterne eingeschaltet werden soll, eine Scale of photometric Magnitudes beigefügt, bloß durch Addition von 0,41.

[43] (S. 71.) Seither hat sich das Zöllnersche Photometer, welches gleichzeitig ein Kolorimeter ist, als besonders zweckmäßig bewährt. Mit ihm und anderen Photometern ist die relative Helligkeit einer großen Anzahl von Sternen gemessen worden. — [D. Herausg.]

[44] (S. 72.) Wollastons Vergleichung des Sonnen- und Mondlichts ist von 1799 und auf Schatten und Kerzenlicht gegründet, während daß in den Versuchen mit Sirius 1826 und 1827 von einer Glaskugel reflektierte Bilder angewandt wurden. Die früheren Angaben der Intensität der Sonne im Verhältnis zum Monde weichen sehr von dem hier gegebenen Resultate ab. Sie waren bei Michell und Euler aus theoretischen Gründen 450000 und 374000, bei Bouguer nach Messungen von Schatten der Kerzenlichte gar nur 300000. Lambert will, daß Venus in ihrer größten Lichtstärke

300000mal schwächer als der Vollmond sei. Nach Steinheil müßte die Sonne 3286500mal weiter entfernt werden, als sie es jetzt ist, um dem Erdbewohner wie Arctur zu erscheinen, und Arctur hat nach John Herschel für uns nur die halbe Lichtstärke von Canopus. Alle diese Intensitätsverhältnisse, besonders die wichtige Vergleichung der Lichtstärke von Sonne, Vollmond und dem nach Stellung zur reflektierenden Erde so verschiedenen, aschfarbigen Lichte unseres Trabanten, verdienen eine endliche, viel ernstere Untersuchung.

[45] (S. 73.) Extrait d'une Lettre de Mr. Arago à Mr. de Humboldt (mai 1850).

a) Mesures photométriques.

„Il n'existe pas de Photomètre proprement dit, c'est-à-dire d'instrument donnant l'intensité d'une lumière isolée: le Photomètre de Leslie, à l'aide duquel il avait eu l'audace de vouloir comparer la lumière de la lune à la lumière du soleil, par des actions calorifiques, est complètement défectueux. J'ai prouvé, en effet, que ce prétendu Photomètre monte quand on l'expose à la lumière du soleil, qu'il descend sous l'action de la lumière du feu ordinaire, et qu'il reste complètement stationnaire lorsqu'il reçoit la lumière d'une lampe d'Argand. Tout ce qu'on a pu faire jusqu'ici, c'est de comparer entr'elles deux lumières en présence, et cette comparaison n'est même à l'abri de toute objection que lorsqu'on ramène ces deux lumières à l'égalité par un affaiblissement graduel de la lumière la plus forte. C'est comme criterium de cette égalité que j'ai employé les anneaux colorés. Si on place l'une sur l'autre deux lentilles d'un long foyer, il se forme autour de leur point de contact des anneaux colorés tant par voie de réflexion que par voie de transmission. Les anneaux réfléchis sont complémentaires en couleurs des anneaux transmis: ces deux séries d'anneaux se neutralisent mutuellement quand les deux lumières qui les forment et qui arrivent simultanément sur les deux lentilles, sont égales entr'elles.“

„Dans le cas contraire on voit des traces ou d'anneaux réfléchis ou d'anneaux transmis, suivant que la lumière qui forme les premiers, est plus forte ou plus faible que la lumière à laquelle on doit les seconds. C'est dans ce sens seulement que les anneaux colorés jouent un rôle dans les mesures de la lumière auxquelles je me suis livré.“

b) Cyanomètre.

„Mon cyanomètre est une extension de mon polariscope. Ce dernier instrument, comme tu sais, se compose d'un tube fermé à l'une de ses extrémités par une plaque de cristal de roche perpendiculaire à l'axe, de 5 millimètres d'épaisseur: et d'un prisme doué de la double réfraction, placé du coté de l'œil. Parmi les couleurs variées que donne cet appareil,

lorsque de la lumière polarisée le traverse, et qu'on fait tourner le prisme sur lui-même, se trouve par un heureux hasard la nuance du bleu de ciel. Cette couleur bleue fort affaiblie, c'est-à-dire très mélangée de blanc lorsque la lumière est presque neutre, augmente d'intensité — progressivement à mesure que les rayons qui pénètrent dans l'instrument, renferment une plus grande proportion de rayons polarisés."

„Supposons donc que le polariscope soit dirigé sur une feuille de papier blanc; qu'entre cette feuille et la lame de cristal de roche il existe une pile de plaques de verre susceptible de changer d'inclinaison, ce qui rendra la lumière éclairante du papier plus ou moins polarisée; la couleur bleue fournie par l'instrument va en augmentant avec l'inclinaison de la pile, et l'on s'arrête lorsque cette couleur paraît la même que celle de la région de l'atmosphère dont on veut déterminer la teinte cyanométrique, et qu'on regarde à l'oeil nu immédiatement à côté de l'instrument. La mesure de cette teinte est donnée par l'inclinaison de la pile. Si cette dernière partie de l'instrument se compose du même nombre de plaques et d'une même espèce de verre, les observations faites dans divers lieux seront parfaitement comparables entr'elles."

[46] (S. 73.) Argelander de fide Uranometriae Bayerie 1842, p. 14—23. „In eadem classe littera prior majorem splendorum nullo modo indicat" (§ 9). Durch Bayer iſt demnach gar nicht erwieſen, daß Caſtor 1603 lichtſtärker geweſen ſei als Pollux.

Photometrische Reihung der Fixsterne.

Ich beschließe diesen zweiten Abschnitt mit einer Tafel, welche den Outlines of Astronomy von Sir John Herschel, p. 645 und 646, entnommen ist. Ich verdanke die Zusammenstellung und lichtvolle Erläuterung derselben meinem gelehrten Freunde, Herrn Dr. Galle, und lasse einen Auszug seines an mich gerichteten Briefes (März 1859) hier folgen:

„Die Zahlen der photometric scale in den Outlines of Astronomy sind Rechnungsresultate aus der vulgar scale, mittels durchgängiger Addition von 0,41 erhalten. Zu diesen genaueren (Größenbestimmungen der Sterne ist der Verf. durch beobachtete Reihenfolgen (sequences) ihrer Helligkeit und Verbindung dieser Beobachtungen mit den durchschnittlichen gewöhnlichen Größenangaben gelangt, wobei insbesondere die Angaben des Katalogs der Astronomical Society vom Jahre 1827 zu Grunde gelegt sind (p. 305). Die eigentlichen photometrischen Messungen mehrerer Sterne mittels des Astrometers sind bei dieser Tafel nicht unmittelbar benutzt, sondern haben nur im allgemeinen gedient, um zu sehen, wie die gewöhnliche Scale (1., 2., 3. . . . Größe) sich zu den wirklichen Lichtquantitäten der einzelnen Sterne verhält. Dabei hat sich denn das allerdings merkwürdige Resultat gefunden, daß unsere gewöhnlichen Sterngrößen (1., 2., 3. . . .) ungefähr so abnehmen, wie wenn man einen Stern 1. Größe nach und nach in die Entfernungen 1., 2., 3. . . . brächte, wodurch seine Helligkeit nach photometrischem Gesetz die Werte 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ . . . erlangen würde; um aber die Uebereinstimmung noch größer zu machen, sind unsere bisherigen Sterngrößen nur um etwa eine halbe Größe (genauer 0,41) zu erhöhen, so daß ein Stern 2,00. Größe künftig 2,41. Größe genannt wird, ein Stern 2,5. Größe künftig 2,91. Größe u. s. w. Sir John Herschel schlägt daher diese „photometrische" (erhöhte) Stale zur Annahme vor, welchem Vorschlage man wohl nur beistimmen kann. Denn einesteils ist der Unterschied von der gewöhnlichen Skale kaum merklich (would hardly be felt, Kapreise, p. 372); anderenteils kann die Tafel, Outlines p. 645 flgd., bis zur 4. Größe hinab als Grundlage bereits dienen, und die Größenbestimmung der Sterne nach dieser Regel — daß nämlich die Helligkeiten der Sterne 1., 2., 3., 4. . . . Größe sich genau wie 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ . . . verhalten sollen,

was sie näherungsweise schon jetzt thun — ist demnach zum Teil bereits ausführbar. Als Normalstern 1. Größe für die photometric scale und als Einheit der Lichtmenge wendet Sir John Herschel α Centauri an. Wenn man demnach die photometrische Größe eines Sterns quadriert, hat man das umgekehrte Verhältnis seiner Lichtmenge zu der von α Centauri. So z. B. hat ϰ Orionis die photometrische Größe 3, enthält daher $^1/_9$ soviel Licht als α Centauri. Zugleich würde die Zahl 3 anzeigen, daß ϰ Orionis 3mal weiter von uns entfernt ist, als α Centauri, wenn beide Sterne gleich große und gleich helle Körper sind. Bei der Wahl eines anderen Sternes, z. B. des 4fach helleren Sirius, als Einheit der die Entfernungen andeutenden photometrischen Größen würde sich die erwähnte Gesetzmäßigkeit nicht so einfach erkennen lassen. Auch ist es nicht ohne Interesse, daß von α Centauri die Entfernung mit Wahrscheinlichkeit bekannt und daß dieselbe von den bis jetzt untersuchten die kleinste ist. — Die mindere Zweckmäßigkeit anderer Skalen als der photometrischen (welche nach den Quadraten fortschreitet: 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ . . .) behandelt der Verfasser in den Outlines p. 521. Er erwähnt daselbst geometrische Progressionen, z. B. 1, $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$, . . . oder 1, $^1/_3$, $^1/_9$, $^1/_{27}$ . . . Nach Art einer arithmetischen Progression schreiten die von Ihnen in den Beobachtungen unter dem Aequator während Ihrer amerikanischen Expedition gewählten Abstufungen fort. Alle diese Skalen schließen sich der vulgar scale weniger an als die photometrische (quadratische) Progression. — In der beigefügten Tafel sind die 190 Sterne der Outlines, ohne Rücksicht auf südliche oder nördliche Deklination, nur nach den Größen geordnet."

Verzeichnis von 190 Sternen 1. bis 3. Größe, nach den Bestimmungen von Sir John Herschel geordnet, und mit genauerer Angabe sowohl der gewöhnlichen Größe als der von demselben vorgeschlagenen Einteilung nach photometrischer Größe.

Sterne 1. Größe					
Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
Sirius	0,08	0,49	α Orionis	1,0:	1,43
η Argus (Var.)	—	—	ā Eridani	1,09	1,50
Canopus	0,29	0,70	Aldebaran	1,1:	1,5:
α Centauri	0,59	1,00	β Centauri	1,17	1,58
Arcturus	0,77	1,18	α Crucis	1,2	1,6
Rigel	0,82	1,23	Antares	1,2	1,6
Capella	1,0:	1,4:	α Aquilae	1,28	1,69
α Lyrae	1,0:	1,4:	Spica	1,38	1,70
Procyon	1,0:	1,4:			

Sterne 2. Größe

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
Fomalhaut	1,54	1,95	α Triang. austr.	2,23	2,64
β Crucis	1,57	1,98	ε Sagittarii	2,26	2,67
Pollux	1,6:	2,0:	β Tauri	2,28	2,69
Regulus	1,6:	2,0:	Polaris	2,28	2,69
α Gruis	1,66	2,07	ϑ Scorpii	2,29	2,70
γ Crucis	1,73	2,14	α Hydrae	2,30	2,71
ε Orionis	1,84	2,25	δ Canis	2,32	2,73
ε Canis	1,86	2,27	α Pavonis	2,33	2,74
λ Scorpii	1,87	2,28	γ Leonis	2,34	2,75
α Cygni	1,90	2,31	β Gruis	2,36	2,77
Castor	1,94	2,35	α Arietis	2,40	2,81
ε Ursae (Var.)	1,95	2,36	σ Sagittarii	2,41	2,82
α Ursae (Var.)	1,96	2,37	δ Argus	2,42	2,83
ζ Orionis	2,01	2,42	ζ Ursae	2,43	2,84
β Argus	2,03	2,44	β Andromedae	2,45	2,86
α Persei	2,07	2,48	β Ceti	2,46	2,87
γ Argus	2,08	2,49	λ Argus	2,46	2,87
ε Argus	2,18	2,59	β Aurigae	2,48	2,89
η Ursae (Var.)	2,18	2,59	γ Andromedae	2,50	2,91
γ Orionis	2,18	2,59			

Sterne 3. Größe

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
γ Cassiopeiae	2,52	2,93	α Pegasi	2,65	3,06
α Andromedae	2,54	2,95	β Pegasi	2,65	3,06
ϑ Centauri	2,54	2,95	γ Centauri	2,68	3,09
α Cassiopeiae	2,57	2,98	α Coronae	2,69	3,10
β Canis	2,58	2,99	γ Ursae	2,71	3,12
κ Orionis	2,59	3,00	ε Scorpii	2,71	3,12
γ Geminorum	2,59	3,00	ζ Argus	2,72	3,13
δ Orionis	2,61	3,02	β Ursae	2,77	3,18
Algol (Var.)	2,62	3,03	α Phoenicis	2,78	3,19
ε Pegasi	2,62	3,03	ι Argus	2,80	3,21
γ Draconis	2,62	3,03	ε Bootis	2,80	3,21
β Leonis	2,63	3,04	α Lupi	2,82	3,23
α Ophiuchi	2,63	3,04	ε Centauri	2,82	3,23
β Cassiopeiae	2,63	3,04	η Canis	2,85	3,26
γ Cygni	2,63	3,04	β Aquarii	2,85	3,26

Sterne 3. Größe

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
δ Scorpii	2,86	3,27	α Can. ven.	3,22	3,63
ε Cygni	2,88	3,29	ξ Ophiuchi	3,23	3,64
η Ophiuchi	2,89	3,30	δ Cygni	3,24	3,65
γ Corvi	2,90	3,31	ε Persei	3,26	3,67
α Cephei	2,90	3,31	η Tauri?	3,26	3,67
η Centauri	2,91	3,32	β Eridani	3,26	3,67
α Serpentis	2,92	3,33	ϑ Argus	3,26	3,67
δ Leonis	2,94	3,35	β Hydri	3,27	3,68
κ Argus	2,94	3,35	ζ Persei	3,27	3,68
β Corvi	2,95	3,36	ζ Herculis	3,28	3,69
β Scorpii	2,96	3,37	ε Corvi	3,28	3,69
ζ Centauri	2,96	3,37	ι Aurigae	3,29	3,70
ζ Ophiuchi	2,97	3,38	γ Urs. min.	3,30	3,71
α Aquarii	2,97	3,38	η Pegasi	3,31	3,72
π Argus	2,98	3,39	β Arae	3,31	3,72
γ Aquilae	2,98	3,39	α Toucani	3,32	3,73
δ Cassiopeiae	2,99	3,40	β Capricorni	3,32	3,73
δ Centauri	2,99	3,40	ρ Argus	3,32	3,73
α Leporis	3,00	3,41	ζ Aquilae	3,32	3,73
δ Ophiuchi	3,00	3,41	β Cygni	3,33	3,74
ζ Sagittarii	3,01	3,42	γ Persei	3,34	3,75
η Bootis	3,01	3,42	μ Ursae	3,35	3,76
η Draconis	3,02	3,43	β Triang. bor.	3,35	3,76
π Ophiuchi	3,05	3,46	π Scorpii	3,35	3,76
β Draconis	3,06	3,47	β Leporis	3,35	3,76
β Librae	3,07	3,48	γ Lupi	3,36	3,77
γ Virginis	3,08	3,49	δ Persei	3,36	3,77
μ Argus	3,08	3,49	ψ Ursae	3,36	3,77
β Arietis	3,09	3,50	ε Aurigae(Var.)	3,37	3,78
γ Pegasi	3,11	3,52	υ Scorpii	3,37	3,78
δ Sagittarii	3,11	3,52	ι Orionis	3,37	3,78
α Librae	3,12	3,53	γ Lyncis	3,39	3,80
λ Sagittarii	3,13	3,54	ζ Draconis	3,40	3,81
β Lupi	3,14	3,55	α Arae	3,40	3,81
ε Virginis?	3,14	3,55	τ Sagittarii	3,40	3,81
α Columbae	3,15	3,56	π Herculis	3,41	3,82
ϑ Aurigae	3,17	3,58	β Can. min.?	3,41	3,82
β Herculis	3,18	3,59	ζ Tauri	3,42	3,83
ι Centauri	3,20	3,61	δ Draconis	3,42	3,83
δ Capricorni	3,20	3,61	μ Geminorum	3,42	3,83
δ Corvi	3,22	3,63	γ Bootis	3,43	3,84

Sterne 3. Größe					
Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
ε Geminorum	3,43	3,84	β Triang.austr.	3,46	3,87
α Muscae	3,43	3,84	ι Ursae	3,46	3,87
α Hydri?	3,44	3,85	η Aurigae	3,46	3,87
τ Scorpii	3,44	3,85	γ Lyrae	3,47	3,88
δ Herculis	3,44	3,85	η Geminorum	3,48	3,89
δ Geminorum	3,44	3,85	γ Cephei	3,48	3,89
q Orionis	3,45	3,86	κ Ursae	3,49	3,90
β Cephei	3,45	3,86	ε Cassiopeiae	3,49	3,90
ϑ Ursae	3,45	3,86	ϑ Aquilae	3,50	3,91
ζ Hydrae	3,45	3,86	σ Scorpii	3,50	3,91
γ Hydrae	3,46	3,87	τ Argus	3,50	3,91

„Noch könnte auch folgende kleine Tafel der Lichtmenge von 17 Sternen 1. Größe (wie solche aus den photometrischen Größen folgt) von einigem Interesse sein:

	Sirius	4,165
η	Argus	—
	Canopus	2,041
α	Centauri	1,000
	Arcturus	0,718
	Rigel	0,661
	Capella	0,510
α	Lyrae	0,510
	Procyon	0,510
α	Orionis	0,489
α	Eridani	0,444
	Aldebaran . . .	0,444
β	Centauri	0,401
α	Crucis	0,391
	Antares	0,391
α	Aquilae	0,350
	Spica	0,312

sowie die Lichtmenge derjenigen Sterne, die genau 1., 2. . . . 6. Größe sind:

Größe nach der gew. Skale	Lichtmenge
1,00	0,500
2,00	0,172
3,00	0,086
4,00	0,051
5,00	0,034
6,00	0,024

wobei die Lichtmenge von α Centauri durchgängig die Einheit bildet."

III.

Zahl, Verteilung und Farbe der Fixsterne. — Sternhaufen (Sternschwärme). — Milchstraße, mit wenigen Nebelflecken gemengt.

Es ist schon in dem ersten Abschnitt dieser fragmentarischen Astrognosie an eine zuerst von Olbers angeregte Betrachtung erinnert worden. Wenn das ganze Himmelsgewölbe mit hintereinander liegenden, zahllosen Sternschichten, wie mit einem allverbreiteten Sternteppich, bedeckt wäre, so würde bei ungeschwächtem Lichte im Durchgange durch den Weltraum die Sonne nur durch ihre Flecke, der Mond als eine dunklere Scheibe, aber kein einzelnes Sternbild der allgemeinen Helligkeit wegen erkennbar sein. An einen in Hinsicht auf die Ursache der Erscheinung ganz entgegengesetzten, aber dem menschlichen Wissen gleich nachteiligen Zustand des Himmelsgewölbes bin ich vorzugsweise in der peruanischen Ebene zwischen der Südseeküste und der Andeskette lebhaft erinnert worden. Ein dichter Nebel bedeckt dort mehrere Monate lang das Firmament. Man nennt diese Jahreszeit le tiempo de la garua. Kein Planet, keiner der schönsten Sterne der südlichen Hemisphäre, nicht Canopus oder das Kreuz oder die Füße des Centauren, sind sichtbar. Man errät oft kaum den Ort des Mondes. Ist zufällig bei Tage einmal der Umriß der Sonnenscheibe zu erkennen, so erscheint dieselbe strahlenlos wie durch gefärbte Blendgläser gesehen; gewöhnlich gelbrot, bisweilen weiß, am seltensten blaugrün. Der Schiffer, von den kalten Südströmungen des Meeres getrieben, verkennt dann die Küste und segelt, aller Breitenbeobachtungen entbehrend, bei den Häfen vorüber, in welche er einlaufen soll. Eine Inklinationsnadel allein könnte ihn, bei der dortigen Richtung der magnetischen Kurven, vor Irrtum bewahren, wie ich an einem anderen Orte gezeigt habe.

Bouguer und sein Mitarbeiter Don Jorge Juan haben lange vor mir über „Perus unastronomischen Himmel" Klage geführt. Eine ernstere Betrachtung knüpft sich noch an diese lichtraubende, jeder elektrischen Entladung unfähige, blitz- und donnerlose Dunstschicht an, über welche frei und unbewölkt die Kordilleren ihre Hochebenen und schneebedeckten Gipfel erheben. Nach dem, was uns die neuere Geologie über die alte Geschichte unseres Luftkreises vermuten läßt, muß sein primitiver Zustand in Mischung und Dichte dem Durchgange des Lichts nicht günstig gewesen sein. Wenn man nun der vielfachen Prozesse gedenkt, welche in der Urwelt die Scheidung des Festen, des Flüssigen und Gasförmigen um die Erdrinde mögen bewirkt haben, so kann man sich nicht des Gedankens erwehren, wie nahe die Menschheit der Gefahr gewesen ist, von einer undurchsichtigeren, manchen Gruppen der Vegetation wenig hinderlichen, aber die ganze Sternendecke verhüllenden Atmosphäre umgeben zu sein. Alle Kenntnis des Weltbaues wäre dann dem Forschungsgeiste entzogen geblieben. Außer uns schiene nichts Geschaffenes vorhanden zu sein als vielleicht Mond und Sonne. Wie ein isoliertes Dreigestirn würden scheinbar Sonne, Mond und Erde allein den Weltraum füllen. Eines großartigen, ja des erhabensten Teils seiner Ideen über den Kosmos beraubt, würde der Mensch aller der Anregungen entbehren, die ihn zur Lösung wichtiger Probleme seit Jahrhunderten unabläßig geleitet und einen so wohlthätigen Einfluß auf die glänzendsten Fortschritte in den höheren Kreisen mathematischer Gedankenentwickelung ausgeübt haben. Ehe zur Aufzählung dessen übergegangen wird, was bereits errungen worden ist, gedenkt man gern der Gefahr, der die geistige Ausbildung unseres Geschlechts entgangen ist, der physischen Hindernisse, welche dieselbe unabwendbar hätten beschränken können.

In der Betrachtung der Zahl der Weltkörper, welche die Himmelsräume füllen, sind drei Fragen zu unterscheiden: Wie viel Fixsterne werden mit bloßen Augen gesehen? Wie viele von diesen sind allmählich mit ihren Ortsbestimmungen (nach Länge und Breite, oder nach ihrer geraden Aufsteigung und Abweichung) in Verzeichnisse gebracht? Welches ist die Zahl der Sterne von 1. bis 9. und 10. Größe, die durch Fernröhren am ganzen Himmel gesehen werden? Diese drei Fragen können, nach dem jetzt vorliegenden Material der Beobachtung, wenigstens annäherungsweise beantwortet werden. Anderer

Art sind die bloßen Vermutungen, welche, auf Sterneichungen einzelner Teile der Milchstraße gegründet, die theoretische Lösung der Frage berühren: wie viele Sterne würden durch Herschels 20füßiges Teleskop am ganzen Himmel unterschieden werden? das Sternenlicht mit eingerechnet, von dem man glaubt, „daß es 2000 Jahre braucht, um zu uns zu gelangen".

Die numerischen Angaben, welche ich über diesen Gegenstand hier veröffentlichte, gehören besonders in den Endresultaten meinem verehrten Freunde Argelander, Direktor der Sternwarte zu Bonn. Ich habe den Verfasser der „Durchmusterung des nördlichen Himmels" aufgefordert, die bisherigen Ergebnisse der Sternkataloge von neuem aufmerksam zu prüfen. Die Sichtbarkeit der Sterne mit bloßen Augen erregt in der letzten Klasse bei organischer Verschiedenheit der individuellen Schätzungen mancherlei Ungewißheit, weil Sterne 6. bis 7. Größe sich unter die 6. Größe gemengt finden. Als Mittelzahl erhält man, durch vielfache Kombinationen, 5000 bis 5800 für die dem unbewaffneten Auge am ganzen Himmel sichtbaren Sterne.[1] Die Verteilung der Fixsterne nach Verschiedenheit der Größen bestimmt Argelander,[2] bis zur 9. Größe hinabsteigend, ungefähr in folgendem Verhältnis:

1. Gr.	2. Gr.	3. Gr.	4. Gr.	5. Gr.
20	65	190	425	1100

6. Gr.	7. Gr.	8. Gr.	9. Gr.
3200	13000	40000	142000

Die Zahl der dem unbewaffneten Auge deutlich erkennbaren Sternenmenge (über dem Horizont von Berlin 4022, über dem von Alexandrien 4638) scheint auf den ersten Blick auffallend gering.[3] Wenn man den mittleren Mondhalbmesser zu 15, 33,5" annimmt, so bedecken 195291 Vollmondflächen den ganzen Himmel. Bei der Annahme gleichmäßiger Verteilung und der runden Zahl von 200000 Sternen aus den Klassen 1. bis 9. Größe findet man demnach ungefähr einen dieser Sterne für eine Vollmondfläche. Eben dieses Resultat erklärt aber auch, wie unter einer bestimmten Breite der Mond nicht häufiger dem bloßen Auge sichtbare Sterne bedeckt. Wollte man die Vorausberechnung der Sternbedeckungen bis zur 9. Größe ausdehnen, so würde durchschnittlich nach Galle alle 44' 30" eine Sternbedeckung eintreffen; denn in dieser Zeit bestreicht der Mond jedesmal eine neue Fläche am Himmel, die seiner eigenen Fläche gleich ist. Sonderbar, daß Plinius,

der gewiß Hipparchs Sternverzeichnis kannte, und der es ein kühnes Unternehmen nennt, „daß Hipparch der Nachwelt den Himmel wie zur Erbschaft hinterlassen wollte", an dem schönen italienischen Himmel nur erst 1600 sichtbare Sterne zählte!' Er war jedoch in dieser Schätzung schon tief zu den Sternen 5. Größe herabgestiegen, während ein halbes Jahrhundert später Ptolemäus nur 1025 Sterne bis zu der 6. Klasse verzeichnete.

Seitdem man die Fixsterne nicht mehr bloß nach den Sternbildern aufzählte, denen sie angehörten, sondern sie nach ihren Beziehungen auf die großen Kreise des Aequators oder der Ekliptik, also nach Ortsbestimmungen, in Verzeichnisse eingetragen hat, ist der Zuwachs dieser Verzeichnisse wie ihre Genauigkeit von den Fortschritten der Wissenschaft und der Vervollkommnung der Instrumente abhängig gewesen. Von Timocharis und Aristyllus (283 vor Chr.) ist kein Sternkatalog auf uns gekommen; aber wenn sie auch, wie Hipparch in seinem, im siebenten Buche des Almagest (cap. 3 pag. 15 Halma) citierten Fragmente „über die Jahreslänge" sich ausdrückt, ihre Beobachtungen sehr roh (πάνυ ὀλοσχερῶς) anstellten, so kann doch kein Zweifel sein, daß beide die Abweichung vieler Sterne bestimmten und daß diese Bestimmungen der Fixsterntafel Hipparchs um fast anderthalb Jahrhunderte vorhergingen. Hipparch soll bekanntlich (wir haben aber für diese Thatsache das alleinige Zeugnis des Plinius) durch die Erscheinung eines neuen Sternes zu Ortsbestimmungen und Durchmusterung des ganzen Firmaments angeregt worden sein. Ein solches Zeugnis ist mehrmals für den Nachhall einer spät erdichteten Sage erklärt worden. Es muß allerdings auffallen, daß Ptolemäus derselben gar nicht erwähnt; aber unleugbar ist es doch, daß die plötzliche Erscheinung eines hellleuchtenden Sternes in der Kassiopeia (November 1572) Tycho zu seiner großen Katalogisierung der Sterne veranlaßte. Nach einer scharfsinnigen Vermutung von Sir John Herschel könnte ein 134 Jahre vor unserer Zeitrechnung im Monat Julius (laut den chinesischen Annalen unter der Regierung von Wou-ti aus der Han-Dynastie) im Skorpion erschienener neuer Stern wohl der sein, dessen Plinius erwähnt hat. Seine Erscheinung fällt gerade 6 Jahre vor die Epoche, zu der (nach Idelers Untersuchungen) Hipparch sein Sternverzeichnis anfertigte. Der den Wissenschaften so früh entrissene Eduard Biot hat diese Himmelsbegebenheit in

der berühmten Sammlung des Ma-tuan-lin aufgefunden, welche alle Erscheinungen der Kometen und sonderbaren Sterne zwischen den Jahren 613 vor Chr. und 1222 nach Chr. enthält.

Das dreiteilige Lehrgedicht des Aratus,[5] dem wir die einzige Schrift des Hipparch verdanken, welche auf uns gekommen ist, fällt ungefähr in die Zeit des Eratosthenes, des Timocharus und Aristyllus. Der astronomische, nicht meteorologische Teil des Gedichts gründet sich auf die Himmelsbeschreibung des cnidischen Eudoxus. Die Sterntafel des Hipparch selbst ist uns leider nicht erhalten; sie machte nach Ideler[6] wahrscheinlich den wesentlichsten Bestandteil seines von Suidas citierten Werkes über die Anordnung des Fixsternhimmels und die Gestirne aus, und enthielt 1080 Positionen für das Jahr 128 vor unserer Zeitrechnung. In Hipparchs Kommentar zum Aratus sind alle Positionen, wahrscheinlich mehr durch die Aequatorial-Armille als durch das Astrolabium bestimmt, auf den Aequator nach Rektascension und Abweichung bezogen; in dem Sternverzeichnis des Ptolemäus, das man ganz dem Hipparchus nachgebildet glaubt und das mit 5 sogenannten Nebeln 1025 Sterne enthält, sind sie an die Ekliptik[7] nach Angaben von Längen und Breiten geknüpft. Wenn man die Zahl der Fixsterne des Hipparch-Ptolemäischen Verzeichnisses (Almagest ed. Halma T. II, p. 83):

1. Gr.	2. Gr.	3. Gr.	4. Gr.	5. Gr.	6. Gr.
15	45	208	474	217	49

mit den oben gegebenen Zahlen von Argelander vergleicht, so zeigt sich neben der zu erwartenden Vernachlässigung von Sternen 5. und 6. Größe ein sonderbarer Reichtum in den Klassen 3. und 4. Die Unbestimmtheit in den Schätzungen der Lichtstärke in älterer und neuerer Zeit macht freilich jede unmittelbare Vergleichung unsicher.

Wenn das sogenannte Ptolemäische Fixsternverzeichnis nur den vierten Teil der in Rhodus und Alexandrien dem bloßen Auge sichtbaren Sterne enthält, und wegen der fehlerhaften Präzessionsreduktion Positionen darbietet, als wären sie im Jahre 63 unserer Zeitrechnung bestimmt, so haben wir in den unmittelbar folgenden 16 Jahrhunderten nur drei für ihre Zeit vollständige und originelle Sternkataloge: den des Ulugh Beg (1437), des Tycho (1600) und des Hevelius (1660). Mitten unter den Verheerungen des Krieges und wilder Staatsumwälzungen gelangte in kurzen Zwischenräumen der Ruhe

von der Mitte des 9. bis zu der des 15. Jahrhunderts, unter Arabern, Persern und Mongolen: von Al-Mamun, dem Sohn des großen Harun Al-Raschid, bis zu dem Timuriden Mohammed Taraghi Ulugh Beg, dem Sohne von Schah Rokh, die beobachtende Sternkunde zu einem nie gesehenen Flor. Die astronomischen Tafeln von Ebn-Junis (1007), zu Ehre des fatimitischen Kalifen Aziz Ben-Hakem Biamrilla die Hakemitischen genannt, bezeugen, wie die ilkhanischen Tafeln[8] des Nassir-Eddin Tusi, des Erbauers der großen Sternwarte von Meragha unweit Tauris (1259), die fortgeschrittene Kenntnis der Planetenbewegungen, die Vervollkommnung der Meßinstrumente und die Vervielfältigung genauerer, von den Ptolemäischen abweichender Methoden. Neben der Klepsydra wurden nun auch schon Pendeloszillationen als Zeitmaß gebraucht.

Die Araber haben das große Verdienst gehabt, zu zeigen, wie durch Vergleichung der Tafeln mit den Beobachtungen jene allmählich verbessert werden können. Der Sternkatalog von Ulugh Beg, ursprünglich persisch geschrieben, ist, einen Teil der südlichen, unter 30° 52′ (?) Breite nicht sichtbaren Ptolemäischen Sterne abgerechnet, im Gymnasium zu Samarkand nach Originalbeobachtungen, angefertigt. Er enthält ebenfalls nur erst 1019 Sternpositionen, die auf das Jahr 1437 reduziert sind. Ein späterer Kommentar liefert 300 Sterne mehr, welche Abu-Bekri Altizini 1533 beobachtete. So gelangen wir durch Araber, Perser und Mongolen bis zu der großen Zeit des Kopernikus, fast bis zu der von Tycho.

Die erweiterte Schiffahrt in den Meeren zwischen den Wendekreisen und in großen südlichen Breiten hat seit dem Anfang des 16. Jahrhunderts auf die allmählich erweiterte Kenntnis des Firmaments mächtig, doch in geringerem Maße wie die ein Jahrhundert spätere Anwendung der Fernröhren, gewirkt. Beide Mittel eröffneten neue, unbekannte Welträume. Was von der Pracht des südlichen Himmels zuerst von Amerigo Vespucci, dann von Magelhaens und Elcanos Begleiter, Pigafetta, verbreitet wurde, wie die schwarzen Flecken (Kohlensäcke) von Vicente Yanez Pinzon und Acosta, wie die Magelhaensschen Wolken von Anghiera und Andrea Corsali beschrieben wurden, habe ich bereits an einem anderen Orte entwickelt. Die beschauende Astronomie ging auch hier der messenden voraus. Der Reichtum des Firmaments dem, wie allgemein bekannt, sternarmen Südpol nahe wurde dergestalt übertrieben,

daß der geniale Polyhistor Cardanus dort 10 000 helle Sterne angibt, die von Vespucci mit bloßen Augen gesehen worden wären. Erst Friedrich Houtman und Petrus Theodori von Emden (der nach Olbers mit Dircksz Reyser eine Person war) traten als ernste Beobachter auf. Sie maßen Sternabstände auf Java und Sumatra, und die südlichsten Sterne wurden nun in die Himmelskarten von Bartsch, Hondius und Bayer, wie durch Keplers Fleiß in den Rudolfinischen Sternkatalog von Tycho eingetragen.

Kaum ein halbes Jahrhundert nach Magelhaens' Erdumseglung beginnt Tychos bewundernswürdige Arbeit über die Position der Fixsterne, an Genauigkeit alles übertreffend, was die praktische Astronomie bisher geleistet hatte, selbst die fleißigen Fixsternbeobachtungen des Landgrafen Wilhelms IV. zu Kassel. Tychos Katalog, von Kepler bearbeitet und herausgegeben, enthält doch wieder nur 1000 Sterne, worunter höchstens ¼ 6. Größe. Dieses Verzeichnis und das weniger gebrauchte von Hevelius, mit 1564 Ortsbestimmungen für das Jahr 1660, sind die letzten, welche (wegen der eigensinnigen Abneigung des Danziger Astronomen gegen die Anwendung der Fernröhren zu Messungen) mit dem unbewaffneten Auge hergestellt wurden.

Diese Verbindung des Fernrohrs mit den Meßinstrumenten, das teleskopische Sehen und Messen, bot endlich die Möglichkeit von Ortsbestimmung der Sterne unter der 6. Größe (besonders zwischen der 7. und 12.) dar. Die Astronomen wurden nun erst dem eigentlichen Besitz der Fixsternwelt näher gebracht, Zählungen und Ortsbestimmungen der schwächeren teleskopischen Sterne haben aber nicht etwa bloß den Vorteil gewährt, durch Erweiterung des Horizonts der Beobachtung mehr von dem Inhalt des Weltraumes erkennbar zu machen, sie haben auch, was noch wichtiger ist, mittelbar einen wesentlichen Einfluß auf die Kenntnis des Weltgebäudes und seiner Gestaltung, auf die Entdeckung neuer Planeten, auf die schnellere Bestimmung ihrer Bahnen ausgeübt. Als Wilhelm Herschel den glücklichen Gedanken hatte, gleichsam das Senkblei in die Tiefen des Himmels zu werfen und in seinen Stern-Eichungen die Sterne zu zählen, welche nach verschiedenen Abständen von der Milchstraße durch das Gesichtsfeld seines großen Teleskopes gingen, wurde das Gesetz der mit der Nähe der Milchstraße zunehmenden Sternenmenge aufgefunden und mit diesem Gesetz die Idee angeregt von der

Existenz großer konzentrischer, mit Millionen von Sternen erfüllter Ringe, welche die mehrfach geteilte Galaxis bilden. Die Kenntnis von der Zahl und gegenseitigen Lage der schwächsten Sterne erleichtert, wie Galles schnelle und glückliche Auffindung des Neptun und die mehrerer der sogenannten kleinen Planeten bezeugen, die Entdeckung der planetarischen, ihren Ort wie zwischen festen Ufern verändernden Weltkörper. Ein anderer Umstand läßt noch deutlicher die Wichtigkeit sehr vollständiger Sternverzeichnisse erkennen. Ist der neue Planet einmal am Himmelsgewölbe entdeckt, so beschleunigt seine zweite Entdeckung in einem älteren Positionskatalog die schwierige Berechnung der Bahn. Ein jetzt vermißter, aber als einst beobachtet verzeichneter Stern gewährt oft mehr, als, bei der Langsamkeit der Bewegung, viele folgende Jahre der sorgfältigsten Messungen würden darbieten können. So sind für Uranus der Stern Nr. 964 im Katalog von Tobias Mayer, für Neptun der Stern Nr. 26266 im Katalog von Lalande von großer Wichtigkeit gewesen. Uranus ist, ehe man ihn als Planeten erkannte, wie man jetzt weiß, 21mal beobachtet worden, 1mal, wie eben gesagt, von Tobias Mayer, 7mal von Flamsteed, 1mal von Bradley und 12mal von le Monnier. Man kann sagen, daß die zunehmende Hoffnung künftiger Entdeckungen planetarischer Körper teils auf die Vollkommenheit der jetzigen Fernröhren (Hebe war bei der Entdeckung im Juli 1847 ein Stern 8. 9. Größe, dagegen im Mai 1849 nur 11. Größe), teils und vielleicht mehr noch auf Vollständigkeit der Sternverzeichnisse und die Sorgfalt der Beobachter gegründet sei.

Seit dem Zeitpunkte, wo Morin und Gascoigne Fernrohre mit den messenden Instrumenten verbinden lehrten, war der erste Sternkatalog, welcher erschien, der der südlichen Sterne von Halley. Er war die Frucht eines kurzen Aufenthalts auf St. Helena in den Jahren 1677 und 1678 und enthielt, sonderbar genug, doch keine Bestimmung unter der 6. Größe. Früher hatte allerdings schon Flamsteed die Arbeit seines großen Sternatlas unternommen, aber das Werk dieses berühmten Mannes erschien erst 1712. Ihm folgten die Beobachtungen von Bradley (1750 bis 1762), welche auf die Entdeckung der Aberration und Nutation leiteten und von unserem Bessel durch seine Fundamenta Astronomiae (1818) gleichsam verherrlicht wurden, die Sternkataloge von La Caille, Tobias Mayer, Cagnoli, Piazzi, Zach,

Pond, Taylor, Groombridge, Argelander, Airy, Brisbane und Rümker.

Wir verweilen hier nur bei den Arbeiten, welche größere Massen[10] und einen wichtigen Teil dessen liefern, was von Sternen 7. bis 10. Größe die Himmelsräume füllt. Der Katalog, welcher unter dem Namen von Jérôme de Lalande bekannt ist, sich aber allein auf Beobachtungen zwischen den Jahren 1789 und 1800 von seinem Neffen le Français de Lalande und von Burckhardt gründet, hat spät erst eine große Anerkennung erfahren. Er enthält nach der sorgfältigen Bearbeitung (1847), welche man Francis Baily und der British Association for the Advancement of Science verdankt, 47 300 Sterne, von denen viele 9. und etwas unter der 9. Größe sind. Harding, der Entdecker der Juno, hat über 50 000 Sterne in 27 Blätter eingetragen. Die große Arbeit der Zonenbeobachtung von Bessel, welche 75 000 Beobachtungen umfaßt (in den Jahren 1825 bis 1833 zwischen $-15°$ und $+45°$ Abweichung) ist mit rühmlichster Sorgfalt von Argelander 1841 bis 1847 zu Bonn bis $+80°$ Abw. fortgesetzt worden. Aus den Besselschen Zonen von $-15°$ bis $+15°$ Abw. hat auf Veranstaltung der Akademie zu St. Petersburg Weiße zu Krakau 31 895 Sterne, unter denen allein 19 738 von der 9. Größe sind, auf das Jahr 1825 reduziert. Argelanders „Durchmusterung des nördlichen Himmels von $+45°$ bis $+80°$ Abw." enthält an 22 000 wohlbestimmte Sternörter.

Des großen Werks der Sternkarten der Berliner Akademie glaube ich nicht würdiger erwähnen zu können, als indem ich über die Veranlassung dieses Unternehmens aus der gehaltvollen Gedächtnisrede auf Bessel Enckes eigene Worte hier einschalte: „An die Vervollständigung der Kataloge knüpft sich die Hoffnung, alle beweglichen Himmelskörper, die wegen ihrer Lichtschwäche dem Auge kaum unmittelbar die Veränderung ihres Ortes merklich werden lassen, durch sorgfältige Vergleichung der als feste Punkte verzeichneten Sterne mit dem jedesmaligen Anblick des Himmels, aufzufinden und auf diesem Wege die Kenntnis unseres Sonnensystems zu vollenden. So wie der vortreffliche Hardingische Atlas ein vervollständigtes Bild des gestirnten Himmels ist, wie Lalandes Histoire céleste, als Grundlage betrachtet, dieses Bild zu geben vermochte, so entwarf Bessel 1824, nachdem der erste Hauptabschnitt seiner Zonenbeobachtungen vollendet

war, den Plan, auf diese eine noch speziellere Darstellung des gestirnten Himmels zu gründen, die nicht bloß das Beobachtete wiedergeben, sondern mit Konsequenz die Vollständigkeit erreichen sollte, welche jede neue Erscheinung unmittelbar wahrnehmen lassen würde. Die Sternkarten der Berliner Akademie der Wissenschaften, nach Bessels Plane entworfen, haben, wenn sie auch noch nicht den ersten fortgesetzten Cyklus abschließen konnten, doch schon den Zweck der Auffindung der neuen Planeten auf das glänzendste erreicht, da sie hauptsächlich, wenn auch nicht ganz allein, bis jetzt (1850) 7 neue Planeten haben auffinden lassen." Von den 24 Blättern, welche den Teil des Himmels darstellen sollen, der sich 15° zu beiden Seiten des Aequators erstreckt, hat unsere Akademie bisher 16 herausgegeben. Sie enthalten möglichst alle Sterne bis zur 9. und teilweise bis zur 10. Größe.

Die ungefähren Schätzungen, die man über die Zahl der Sterne gewagt, welche mit den jetzigen großen, raumdurchdringenden Fernröhren am ganzen Himmel dem Menschen sichtbar sein könnten, mögen hier auch ihren Platz finden. Struve nimmt für das Herschelsche 20füßige Spiegelteleskop, das bei den berühmten Sterneichungen (gauges, sweeps) angewandt wurde, mit 180maliger Vergrößerung: für die Zonen, welche zu beiden Seiten des Aequators 30° nördlich und südlich liegen, 5 800 000, für den ganzen Himmel 20 374 000 an. In einem noch mächtigeren Instrumente, in dem 40füßigen Spiegelteleskop, hielt Sir William Herschel in der Milchstraße allein 18 Millionen für sichtbar.

Nach einer sorgfältigeren Betrachtung der nach Ortsbestimmung in Katalogen aufgeführten, sowohl dem unbewaffneten Auge sichtbaren als bloß teleskopischen Fixsterne wenden wir uns nun zu der Verteilung und Gruppierung derselben an der Himmelsdecke. Wir haben gesehen, wie bei der geringen und so überaus langsamen (scheinbaren und wirklichen) Ortsveränderung der einzelnen, teils durch die Präzession und den ungleichen Einfluß des Fortschreitens unseres Sonnensystems, teils durch die ihnen eigene Bewegung, sie als feste Marksteine im unermeßlichen Weltraume zu betrachten sind, als solche, welche alles zwischen ihnen mit größerer Schnelligkeit oder in anderen Richtungen Bewegte, also den teleskopischen Kometen und Planeten Zugehörige, der aufmerksamen Beobachtung offenbaren. Das erste und Hauptinteresse beim Anblick des Firmaments ist schon wegen der

Vielheit und überwiegenden Masse der Weltkörper, die den Weltraum füllen, auf die Fixsterne gerichtet; von ihnen geht in Bewunderung des Firmaments die stärkere sinnliche Anregung aus. Die Bahn der Wandelsterne spricht mehr die grübelnde Vernunft an, der sie, den Entwickelungsgang astronomischer Gedankenverbindung beschleunigend, verwickelte Probleme darbietet.

Aus der Vielheit der an dem Himmelsgewölbe scheinbar, wie durch Zufall, vermengten großen und kleinen Gestirne sondern die rohesten Menschenstämme (wie mehrere jetzt sorgfältiger untersuchte Sprachen der sogenannten wilden Völker bezeugen) einzelne und fast überall dieselben Gruppen aus, in welchen helle Sterne durch ihre Nähe zu einander, durch ihre gegenseitige Stellung oder eine gewisse Isoliertheit den Blick auf sich ziehen. Solche Gruppen erregen die dunkle Ahnung von einer Beziehung der Teile aufeinander; sie erhalten, als Ganze betrachtet, einzelne Namen, die, von Stamm zu Stamm verschieden, meist von organischen Erderzeugnissen hergenommen, die öden, stillen Räume phantastisch beleben. So sind früh abgesondert worden das Siebengestirn (die Glucke), die sieben Sterne des großen Wagens (der kleine Wagen später und nur wegen der wiederholten Form), der Gürtel des Orion (Jakobsstab), Kassiopeia, der Schwan, der Skorpion, das südliche Kreuz (wegen des auffallenden Wechsels der Richtung vor und nach der Kulmination), die südliche Krone, die Füße des Centauren (gleichsam die Zwillinge des südlichen Himmels) u. s. f.

Wo Steppen, Grasfluren oder Sandwüsten einen weiten Horizont darbieten, wird der mit den Jahreszeiten oder den Bedürfnissen des Hirtenlebens und Feldbaues wechselnde Auf- und Untergang der Konstellationen ein Gegenstand fleißiger Beachtung und allmählich auch symbolisierender Ideenverbindung. Die beschauende, nicht messende Astronomie fängt nun an, sich mehr zu entwickeln. Außer der täglichen, allen Himmelskörpern gemeinschaftlichen Bewegung von Morgen gegen Abend wird bald erkannt, daß die Sonne eine eigene, weit langsamere, in entgegengesetzter Richtung habe. Die Sterne, die nach ihrem Untergange am Abendhimmel stehen, sinken mit jedem Tage tiefer zu ihr hinab und verlieren sich endlich ganz in ihre Strahlen während der Dämmerung; dagegen entfernen sich von der Sonne diejenigen Sterne, welche vor ihrem Aufgange am Morgenhimmel glänzen. Bei dem

stets wechselnden Schauspiel des gestirnten Himmels zeigen sich immer andere Konstellationen. Mit einiger Aufmerksamkeit wird leicht erkannt, daß es dieselben sind, welche zuvor im Westen unsichtbar geworden waren, daß ungefähr nach einem halben Jahre diejenigen Sterne, welche sich vorher in der Nähe der Sonne gezeigt hatten, ihr gegenüberstehen, untergehend bei ihrem Aufgange, aufgehend bei ihrem Untergange. Von Hesiod bis Eudoxus, von Eudoxus bis Aratus und Hipparch ist die Litteratur der Hellenen voll Anspielungen auf das Verschwinden der Sterne in den Sonnenstrahlen (den heliakischen oder Spätuntergang) wie auf das Sichtbarwerden in der Morgendämmerung den heliakischen oder Frühaufgang. Die genaue Beobachtung dieser Erscheinungen bot die frühesten Elemente der Zeitkunde dar: Elemente, nüchtern in Zahlen ausgedrückt, während gleichzeitig die Mythologie, bei heiterer oder düsterer Stimmung des Volkssinnes, fortfuhr, mit unumschränkter Willkür in den hohen Himmelsräumen zu walten.

Die primitive griechische Sphäre (ich folge hier wieder, wie in der Geschichte der physischen Weltanschauung, den Untersuchungen meines so früh dahingeschiedenen, geistreichen Freundes Letronne), die griechische Sphäre hat sich nach und nach mit Sternbildern gefüllt, ohne daß man sich dieselben anfangs in irgend einer Beziehung zu der Ekliptik dachte. So kennen schon Homer und Hesiodus verschiedene Sterngruppen und einzelne Sterne mit Namen bezeichnet, jener die Bärin („die sonst der Himmelswagen genannt wird — und die allein niemals in Okeanos Bad sich hinabtaucht"), den Bootes und den Hund des Orion; dieser den Sirius und den Arctur; beide die Plejaden, die Hyaden und den Orion. Wenn Homer zweimal sagt, daß die Konstellation der Bärin allein sich nie in das Meer taucht, so folgt daraus bloß, daß zu seiner Zeit noch nicht in der griechischen Sphäre die Sternbilder des Drachen, des Cepheus und des kleinen Bären, welche auch nicht untergehen, vorhanden waren. Es wird keineswegs die Kenntnis von der Existenz der einzelnen Sterne, welche jene drei Katasterismen bilden, geleugnet, nur ihre Reihung in Bilder. Eine lange, oft mißverstandene Stelle des Strabo (lib. I, pag. 3 Casaub.) über Homer II, XVIII, 485—489 beweist vorzugsweise, was hier wichtig ist, die allmähliche Aufnahme von Bildern in die griechische Sphäre. „Mit Unrecht," sagt Strabo, „beschuldigt man Homer der Unwissenheit,

als habe er nur eine Bärin statt zweier gekannt. Vermutlich war die andere noch nicht versternt, sondern erst seitdem die Phönizier dieses Sternbild bezeichneten und zur Seefahrt benutzten, kam es auch zu den Hellenen.“ Alle Scholien zum Homer, Hygin und Diogenes aus Laerte schreiben die Einführung dem Thales zu. Der Pseudo-Eratosthenes hat den Kleinen Bären Φοινίκη (gleichsam das phönizische Leitgestirn) genannt. Hundert Jahre später (Ol. 71) bereicherte Cleostratus von Tenedos die Sphäre mit dem Schützen, τοξότης, und dem Widder, κριός.

In dieser Epoche erst, die der Gewaltherrschaft der Pisistratiden, fällt nach Letronne die Einführung des Tierkreises in die alte griechische Sphäre. Eudemus aus Rhodos, einer der ausgezeichnetsten Schüler des Stagiriten, Verfasser einer „Geschichte der Astronomie“, schreibt die Einführung des Tierkreis-Gürtels (ἡ τοῦ ζωδιακοῦ διάζωσις, auch ζωίδιος κύκλος) dem Oenopides von Chios, einem Zeitgenossen des Anaxagoras, zu.[11] Die Idee von der Beziehung der Planeten und Fixsterne auf die Sonnenbahn, die Einteilung der Ekliptik in zwölf gleiche Teile (Dodekatomerie) sind altchaldäisch und höchst wahrscheinlich den Griechen aus Chaldäa selbst und nicht aus dem Nilthale, am frühesten im Anfang des 5. oder im 6. Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung[12] überkommen. Die Griechen schnitten nur aus den ihrer primitiven Sphäre schon früher verzeichneten Sternbildern diejenigen aus, welche der Ekliptik am nächsten lagen und als Tierkreisbilder gebraucht werden konnten. Wäre mehr als der Begriff und die Zahl der Abteilungen (Dodekatomerie) eines Tierkreises, wäre der Tierkreis selbst mit seinen Bildern einem fremden Volke von den Griechen entlehnt worden, so würden diese sich nicht ursprünglich mit elf Bildern begnügt, nicht den Skorpion zu zwei Abteilungen angewandt, nicht Zodiakalbilder erfunden haben, deren einige, wie Stier, Löwe, Fische und Jungfrau, mit ihren Umrissen 35° bis 48°, andere, wie Krebs, Widder und Steinbock, nur 19° bis 23° einnehmen, welche unbequem nördlich und südlich um die Ekliptik schwanken, bald weit getrennt, bald, wie Stier und Widder, Wassermann und Steinbock, eng gedrängt und fast ineinander eingreifend. Diese Verhältnisse bezeugen, daß man früher gebildete Katasterismen zu Zodiakalzeichen stempelte.

Das Zeichen der Wage wurde nach Letronnes Vermutung zu Hipparchs Zeiten, vielleicht durch ihn selbst, eingeführt.

Eudoxus, Archimedes, Autolycus und selbst Hipparch, in dem wenigen, was wir von ihm besitzen (eine einzige, wahrscheinlich von einem Kopisten verfälschte Stelle [13] abgerechnet), erwähnen ihrer nie. Das neue Zeichen kommt erst bei Geminus und Varro, kaum ein halbes Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung vor, und da der Hang zur Astrologie bald mächtig in die römische Volkssitte einbrach, von August bis Antonin, so erhielten auch diejenigen Sternbilder, „die am himmlischen Sonnenwege lagen", eine erhöhte, phantastische Wichtigkeit. Der ersten Hälfte dieses Zeitraums römischer Weltherrschaft gehören die ägyptischen Tierkreisbilder in Dendera, Esne, dem Propylon von Panopolis und einiger Mumiendeckel an, wie Visconti und Testa schon zu einer Epoche behauptet haben, wo noch nicht alle Materialien für die Entscheidung der Frage gesammelt waren, und wilde Hypothesen herrschten über die Bedeutung jenes symbolischen Zodiakalzeichens und dessen Abhängigkeit von der Präzession der Nachtgleichen. Das hohe Alter, welches August Wilhelm von Schlegel den in Indien gefundenen Tierkreisen nach Stellen aus Manus Gesetzbuch, aus Valmikis Ramayana und aus Amarasinhas Wörterbuch beilegen wollte, ist nach Adolf Holtzmanns scharfsinnigen Untersuchungen sehr zweifelhaft geworden. [14]

Die durch den Lauf der Jahrhunderte so zufällig entstandene, künstliche Gruppierung der Sterne zu Bildern, ihre oft unbequeme Größe und schwankenden Umrisse, die verworrene Bezeichnung der einzelnen Sterne in den Konstellationen, mit Erschöpfung mehrerer Alphabete, wie in dem Schiffe Argo, das geschmacklose Vermischen mythischer Personen mit der nüchternen Prosa von physikalischen Instrumenten, chemischen Oefen und Pendeluhren am südlichen Himmel haben mehrmals zu Vorschlägen geleitet über neue, ganz bildlose Einteilungen des Himmelsgewölbes. Für die südliche Hemisphäre, wo Skorpion, Schütze, Centaur, das Schiff und der Eridanus allein einen alten dichterischen Besitz haben, schien das Unternehmen weniger gewagt. [15]

Der Fixsternhimmel (orbis inerrans des Apulejus), der uneigentliche Ausdruck Fixsterne (astra fixa des Manilius) erinnern, wie wir schon oben in der Einleitung zur Astrognosie bemerkt, an die Verbindung, ja Verwechselung der Begriffe von Einheftung und absoluter Unbeweglichkeit (Fixität). Wenn Aristoteles nicht die wandernden Weltkörper (πλανώμενα ἄστρα) eingeheftete (ἐνδεδεμένα), wenn Ptolemäus sie an-

gewachsene (προσπεφυκότες) nennt, so beziehen sich zunächst diese Benennungen auf die Vorstellung des Anaximenes von der kristallartigen Sphäre. Die scheinbare Bewegung aller Fixsterne von Osten nach Westen, während daß ihr Abstand untereinander sich gleich blieb, hatte diese Hypothese erzeugt. „Die Fixsterne (ἀπλανῆ ἄστρα) gehören der oberen, von uns entfernteren Region, in der sie wie Nägel an den Kristallhimmel angeheftet sind; die Planeten (ἄστρα πλανώμενα oder πλανητά), welche eine entgegengesetzte Bewegung haben, gehören der unteren, näheren Region an." Wenn bei Manilius schon in der frühesten Zeit der Cäsaren stella fixa für infixa oder affixa gesagt wurde, so läßt sich annehmen, daß die Schule in Rom anfangs doch nur der ursprünglichen Bedeutung des Angeheftetseins anhing; aber da das Wort fixus auch die Bedeutung der Unbeweglichkeit einschloß, ja für synonym mit immotus und immobilis genommen werden konnte, so war es leicht, daß der Volksglaube oder vielmehr der Sprachgebrauch allmählich an eine stella fixa vorzugsweise die Idee der Unbeweglichkeit knüpfte, ohne der festen Sphäre zu gedenken, an die sie geheftet ist. So durfte Seneca die Fixsternwelt fixum et immobilem populum nennen.

Wenn wir auch nach Stobäus und dem Sammler der „Ansichten der Philosophen" die Benennung Kristallhimmel bis zur frühen Zeit des Anaximenes hinaufführen, so finden wir doch die Idee, welche der Benennung zu Grunde liegt, erst schärfer bei Empedokles entwickelt. Den Fixsternhimmel hält dieser für eine feste Masse, welche aus dem durch Feuer kristallartig starr gewordenen Aether gebildet wurde.[16] Der Mond ist ihm ein durch die Kraft des Feuers hagelartig geronnener Körper, welcher sein Licht von der Sonne erhält. Der ursprüngliche Begriff des Durchsichtigen, Geronnenen, Erstarrten würde nach der Physik der Alten[17] und ihren Begriffen vom Festwerden des Flüssigen nicht unmittelbar auf Kälte und Eis führen; aber die Verwandtschaft von κρύσταλλος mit κρύος und κρυσταίνω, wie die Vergleichung mit den durchscheinendsten aller Körper, veranlaßten die bestimmteren Behauptungen, daß das Himmelsgewölbe aus Eis oder aus Glas bestehe. So finden wir bei Lactantius: coelum aërem glaciatum esse, und vitreum coelum. Empedokles hat gewiß noch nicht an phönizisches Glas, wohl aber an Luft gedacht, die durch feurigen Aether in einen durchsichtigen festen Körper zusammengeronnen ist. Die Idee des Durchsichtigen war in

der Vergleichung mit dem Eise, κρυστάλλος, das Vorherrschende; man dachte nicht an Ursprung des Eises durch Kälte, sondern zunächst nur an ein durchsichtiges Verdichtetes. Wenn der Dichter das Wort Kristall selbst brauchte, so bedient sich die Prosa (wie die in der 34. Anmerkung angeführte Stelle des Achilles Tatius, des Kommentators von Aratus, bezeugt) nur des Ausdrucks: kristallähnlich, κρυσταλλοειδής. Ebenso bedeutet πάγος (von πήγνυσθαι, fest werden) ein Stück Eis, wobei bloß die Verdichtung in Betracht gezogen wird.

Durch die Kirchenväter, welche spielend 7 bis 10, wie Zwiebelhäute übereinander gelagerte, gläserne Himmelsschichten annahmen, ist diese Ansicht des kristallenen Gewölbes in das Mittelalter übergegangen, ja sie hat sich selbst in einigen Klöstern des südlichen Europas erhalten, wo zu meinem Erstaunen ein ehrwürdiger Kirchenfürst mir, nach dem so viel Aufsehen erregenden Aerolithenfall bei Aigle, die Meinung äußerte: was wir mit einer vitrifizierten Rinde bedeckte Meteorsteine nennten, wären nicht Teile des gefallenen Steines selbst, sondern ein Stück des durch den Stein zerschlagenen kristallenen Himmels. Kepler, zuerst durch die Betrachtung über die alle Planetenbahnen durchschneidenden Kometen veranlaßt, hat sich schon drittehalb Jahrhunderte früher gerühmt,[1] die 77 homozentrischen Sphären des berühmten Girolamo Fracastoro, wie alle älteren rückwirkenden Epicykeln zerstört zu haben. Wie so große Geister, als Eudoxus, Menächmus, Aristoteles und Apollonius von Pergä sich die Möglichkeit des Mechanismus und der Bewegung starrer, ineinander greifender, die Planeten führender Sphären gedacht haben; ob sie diese Systeme von Ringen nur als ideale Anschauungen, als Fiktionen der Gedankenwelt betrachteten, nach denen schwierige Probleme des Planetenlaufes erklärt und annähernd berechnet werden könnten, sind Fragen, welche ich schon an einem anderen Orte berührt habe und welche für die Geschichte der Astronomie, wenn sie Entwickelungsperioden zu unterscheiden strebt, nicht ohne Wichtigkeit sind.

Ehe wir von der uralten, aber künstlichen, Zodiakalgruppierung der Fixsterne, wie man sich dieselben an feste Sphären angeheftet dachte, zu ihrer natürlichen, reellen Gruppierung und den schon erkannten Gesetzen relativer Verteilung übergehen, müssen wir noch bei einigen sinnlichen Erscheinungen der einzelnen Weltkörper, ihren überdeckenden Strahlen, ihren scheinbaren, unwahren Durchmessern und der

Verschiedenheit ihrer Farbe, verweilen. Von dem Einfluß der sogenannten Sternschwänze, welche der Zahl, Lage und Länge nach bei jedem Individuum verschieden sind, habe ich schon bei den Betrachtungen über die Unsichtbarkeit der Jupitersmonde gehandelt. Das undeutliche Sehen (la vue indistincte) hat vielfache organische Ursachen, welche von der Aberration der Sphärizität des Auges, von der Diffraktion an den Rändern der Pupille oder an den Wimpern, und von der sich mehr oder weniger weit aus einem gereizten Punkte fortpflanzenden Irritabilität der Netzhaut abhängen.[19] Ich sehe sehr regelmäßig 8 Strahlen unter Winkeln von 45° bei Sternen 1. bis 3. Größe. Da nach Hassenfratz diese Strahlungen sich auf der Kristalllinse kreuzende Brennlinien (caustiques) sind, so bewegen sie sich, je nachdem man den Kopf nach einer oder der anderen Seite neigt. Einige meiner astronomischen Freunde sehen nach oben hin 3, höchstens 4 Strahlen, und nach unten gar keine. Merkwürdig hat es mir immer geschienen, daß die alten Aegypter den Sternen regelmäßig nur 5 Strahlen (also um je 72° entfernt) geben, so daß dies Sternzeichen nach Horapollo hieroglyphisch die Zahl 5 bedeuten soll.[20]

Die Sternschwänze verschwinden, wenn man das Bild der strahlenden Sterne (ich habe oft Canopus wie Sirius auf diese Weise beobachtet) durch ein sehr kleines mit einer Nadel in eine Karte gemachtes Loch empfängt. Ebenso ist es bei dem teleskopischen Sehen mit starker Vergrößerung, in welchem die Gestirne entweder als leuchtende Punkte von intensiverem Lichte oder auch wohl als überaus kleine Scheiben sich darstellen. Wenngleich das schwächere Funkeln der Fixsterne unter den Wendekreisen einen gewissen Eindruck der Ruhe gewährt, so würde mir doch, bei unbewaffnetem Auge, eine völlige Abwesenheit aller Sternstrahlung das Himmelsgewölbe zu veröden scheinen. Sinnliche Täuschung, undeutliches Sehen vermehren vielleicht die Pracht der leuchtenden Himmelsdecke; Arago hat schon längst die Frage aufgeworfen, warum trotz der großen Lichtstärke der Fixsterne 1. Größe man nicht diese, und doch den äußersten Rand der Mondscheibe[21] am Horizonte beim Aufgehen erblicke?

Die vollkommensten optischen Werkzeuge, die stärksten Vergrößerungen geben den Fixsternen falsche Durchmesser (spurious disks, diamètres factices), welche nach Sir John Herschels Bemerkung[22] „bei gleicher Vergrößerung um so

kleiner werden, als die Oeffnung des Fernrohrs wächst". Verfinsterungen der Sterne durch die Mondscheibe beweisen, wie Ein- und Austritt dergestalt augenblicklich sind, daß keine Fraktion einer Zeitsekunde für die Dauer erkannt werden kann. Das oft beobachtete Phänomen des sogenannten Klebens des eintretenden Sternes auf der Mondscheibe ist ein Phänomen der Lichtbeugung, welches in keinem Zusammenhange mit der Frage über die Sterndurchmesser steht. Wir haben schon an einem anderen Ort erinnert, daß Sir William Herschel bei einer Vergrößerung von 6500mal den Durchmesser von Wega noch 0,36" fand. Das Bild des Arcturus wurde in einem dichten Nebel so verkleinert, daß die Scheibe noch unter 0,2" war. Auffallend ist es, wie wegen der Täuschung, welche die Sternstrahlung erregt, vor der Erfindung des teleskopischen Sehens Kepler und Tycho dem Sirius Durchmesser von 4' und 2'20" zuschrieben. Die abwechselnd lichten und dunkeln Ringe, welche die kleinen falschen Sternscheiben bei Vergrößerungen von 2 bis 300mal umgeben und die bei Anwendung von Diaphragmen verschiedener Gestalt irisieren, sind gleichzeitig die Folgen der Interferenz und der Diffraktion, wie Aragos und Airys Beobachtungen lehren. Die kleinsten Gegenstände, welche teleskopisch noch deutlich als leuchtende Punkte gesehen werden (doppelte Doppelsterne, wie ε der Leier, der 5. und 6. Stern, den Struve im Jahr 1826 und Sir John Herschel im Jahr 1832 im Trapezium des großen Nebelfleckes des Orion entdeckt haben,[28] welches der vierfache Stern θ des Orion bildet), können zur Prüfung der Vollkommenheit und Lichtfülle optischer Instrumente, der Refraktoren wie der Reflektoren, angewandt werden.

Eine Farbenverschiedenheit des eigentümlichen Lichtes der Fixsterne wie des reflektierten Lichtes der Planeten ist von früher Zeit an erkannt, aber die Kenntnis dieses merkwürdigen Phänomens ist erst durch das teleskopische Sehen, besonders seitdem man sich lebhaft mit den Doppelsternen beschäftigt hat, wundersam erweitert worden. Es ist hier nicht von dem Farbenwechsel die Rede, welcher, wie schon oben erinnert worden ist, das Funkeln auch in den weißesten Gestirnen begleitet, noch weniger von der vorübergehenden, meist rotlichen Färbung, welche nahe am Horizont wegen der Beschaffenheit des Mediums (der Luftschichten, durch die wir sehen) das Sternlicht erleidet, sondern von dem weißen oder farbigen Sternlichte, das als Folge eigentümlicher Lichtprozesse

und der ungleichen Konstitution seiner Oberfläche jeder Weltkörper ausstrahlt. Die griechischen Astronomen kennen bloß rote Sterne, während die neueren an der gestirnten Himmelsdecke, in den vom Licht durchströmten Gefilden, wie in den Blumenkronen der Phanerogamen und den Metalloxyden fast alle Abstufungen des prismatischen Farbenbildes zwischen den Extremen der Brechbarkeit, den roten und violetten Strahlen teleskopisch aufgefunden haben. Ptolemäus nennt in seinem Fixsternkatalog 6 Sterne πυρόχροα, feuerrötlich,[24] nämlich Arcturus, Aldebaran, Pollux, Antares, α des Orion (die rechte Schulter) und Sirius. Cleomedes vergleicht sogar Antares im Skorpion mit der Röte des Mars, der selbst bald πυρρός, bald πυροειδής genannt wird.

Von den sechs oben aufgezählten Sternen haben fünf noch zu unserer Zeit ein rotes oder rötliches Licht. Pollux wird noch als rötlich, aber Castor als grünlich aufgeführt. Sirius gewährt demnach das einzige Beispiel einer historisch erwiesenen Veränderung der Farbe, denn er hat gegenwärtig ein vollkommen weißes Licht. Eine große Naturrevolution[25] muß allerdings auf der Oberfläche oder in der Photosphäre eines solchen Fixsternes (einer fernen Sonne, wie schon Aristarch von Samos die Fixsterne würde genannt haben) vorgegangen sein, um den Prozeß zu stören, vermöge dessen die weniger brechbaren roten Strahlen durch Entziehung (Absorption) anderer Komplementarstrahlen (sei es in der Photosphäre des Sternes selbst, sei es in wandernden kosmischen Gewölken) vorherrschend wurden. Es wäre zu wünschen, da dieser Gegenstand bei den großen Fortschritten der neueren Optik ein lebhaftes Interesse auf sich gezogen hat, daß man die Epoche einer solchen Naturbegebenheit, des Verschwindens der Rötung des Sirius, durch Bestimmung gewisser Zeitgrenzen, auffinden könne. Zu Tychos Zeit hatte Sirius gewiß schon weißes Licht, denn als man mit Verwunderung den neuen in der Kassiopeia 1572 erschienenen blendend weißen Stern im Monat März 1573 sich röten und im Januar 1574 wieder weiß werden sah, wurde der rote Stern mit Mars und Aldebaran, aber nicht mit Sirius verglichen. Vielleicht möchte es Sedillot oder anderen mit der arabischen und persischen Astronomie vertrauten Philologen [s. Zusätze am Schluß d. Bandes] glücken, in den Zeitabständen von El-Batani (Albategnius) und El-Fergani (Alfraganus) bis Abdurrahman Sufi und Ebn-Junis (von 880 bis 1007),

von Ebn-Junis bis Naßir-Eddin und Ulugh Beg (von 1007 bis 1437) irgend ein Zeugnis für die damalige Farbe des Sirius aufzufinden. El-Fergani (eigentlich Mohammed Ebn-Kethir El-Fergani), welcher schon in der Mitte des 10. Jahrhunderts zu Rakka (Aracte) am Euphrat beobachtete, nennt als rote Sterne (stellae rufiae sagt die alte lateinische Uebersetzung von 1590) wohl den Aldebaran und, rätselhaft genug,[26] die jetzt gelbe, kaum rötlichgelbe Capella, nicht aber den Sirius. Allerdings würde es auffallend sein, wäre Sirius zu seiner Zeit schon nicht mehr rot gewesen, daß El-Fergani, der überall dem Ptolemäus folgt, die Farbenveränderung in einem so berühmten Stern nicht sollte bezeichnet haben. Negative Gründe sind allerdings selten beweisend, und auch bei Beteigeuze (α Orionis), der jetzt noch rot ist wie zu des Ptolemäus' Zeiten, erwähnt El-Fergani in derselben Stelle der Farbe nicht.

Es ist längst anerkannt, daß unter allen hell leuchtenden Fixsternen des Himmels Sirius in chronologischer Hinsicht, wie in seiner historischen Anknüpfung an die früheste Entwickelung menschlicher Kultur im Nilthale, die erste und wichtigste Stelle einnimmt. Die Sothisperiode und der heliatische Aufgang der Sothis (Sirius), über die Biot eine vortreffliche Arbeit geliefert hat, verlegt nach den neuesten Untersuchungen von Lepsius[27] die vollständige Einrichtung des ägyptischen Kalenders in jene uralte Epoche von fast 33 Jahrhunderten vor unserer Zeitrechnung, „in welcher nicht nur die Sommersonnenwende und folglich der Anfang des Nilanschwellens auf den Tag des ersten Wassermonats (auf den ersten Pachon) fiel, sondern auch der heliatische Aufgang der Sothis." Die neuesten, bisher unveröffentlichten, etymologischen Versuche über Sothis und Sirius aus dem Koptischen, dem Zend, Sanskrit und Griechischen werde ich in eine Note[28] zusammendrängen, die nur denen willkommen sein kann, welche aus Liebe zur Geschichte der Astronomie in den Sprachen und ihrer Verwandtschaft Denkmäler des früheren Wissens erkennen.

Entschieden weiß sind gegenwärtig, außer Sirius, Wega, Deneb, Regulus und Spica; auch unter den kleinen Doppelsternen zählt Struve an 300 auf, in denen beide Sterne weiß sind. Gelbes und gelbliches Licht haben Procyon, Atair, der Polarstern und besonders ζ des kleinen Bären. Von roten und rötlichen großen Sternen haben wir schon Beteigeuze, Arcturus, Aldebaran, Antares und Pollux genannt. Rümker findet

γ Crucis von schöner roter Farbe, und mein vieljähriger Freund, Kapitän Bérard, ein vortrefflicher Beobachter, schrieb aus Madagaskar 1847, daß er seit einigen Jahren auch α Crucis sich röten sehe. Der durch Sir John Herschels Beobachtungen berühmt gewordene Stern im Schiffe, η Argûs, dessen ich bald umständlicher erwähnen werde, verändert nicht bloß seine Lichtstärke, er verändert auch seine Farbe. Im Jahre 1843 fand in Kalkutta Herr Mackay diesen Stern an Farbe dem Arcturus gleich, also rötlichgelb, aber in Briefen aus Santiago de Chile vom Februar 1850 nennt ihn Lieutenant Gilliß von dunklerer Farbe als Mars. Sir John Herschel gibt am Schluß seiner Kapreise ein Verzeichnis von 76 rubinfarbigen (ruby coloured) kleinen Sternen 7. bis 9. Größe. Einige erscheinen im Fernrohr wie Blutstropfen. Auch die Mehrzahl der veränderlichen Sterne wird als rot und rötlich beschrieben. Ausnahmen machen: Algol am Kopf der Meduſa, β Lyrae, ε Aurigae, ... die ein rein weißes Licht haben. Mira Ceti, deren periodischer Lichtwechsel am früheſten erkannt worden ist, hat ein stark rötliches Licht, aber die Veränderlichkeit von Algol, β Lyrae ... beweist, daß die rote Farbe nicht eine notwendige Bedingung der Lichtveränderung sei, wie denn auch mehrere rote Sterne nicht zu den veränderlichen gehören. Die lichtschwächsten Sterne, in denen noch Farben zu unterscheiden sind, gehören nach Struve in die 9. und 10. Größe. Der blauen Sterne hat zuerst Mariotte 1686 in seinem Traité des couleurs gedacht. Bläulich ist γ der Leier. Ein kleiner Sternhaufen von $3^1/_2$ Minuten Durchmesser am südlichen Himmel besteht nach Dunlop bloß aus blauen Sternchen. Unter den Doppelsternen gibt es viele, in welchen der Hauptstern weiß und der Begleiter blau ist, einige, in denen Hauptstern und Begleiter beide ein blaues Licht haben (so δ Serp. und 59 Androm.). Bisweilen sind, wie in dem von Lacaille für einen Nebelfleck gehaltenen Sternschwarm bei α des südlichen Kreuzes, über hundert vielfarbige (rote, grüne, blaue und blaugrüne) Sternchen so zusammengedrängt, daß sie wie polychrome Edelgesteine (like a superb piece of fancy jewellery) in großen Fernröhren erscheinen.

Die Alten glaubten in der Stellung gewisser Sterne 1. Größe eine merkwürdige symmetrische Anordnung zu erkennen. So war ihre Aufmerksamkeit vorzugsweise auf die sogenannten vier königlichen Gestirne, welche sich in der Sphäre gegenüberstehen, auf Aldebaran und Antares,

Regulus und Fomalhaut, gerichtet. Wir finden dieser regelmäßigen Anordnung, die ich schon an einem anderen Orte behandelt, ausführlich bei einem späten römischen Schriftsteller, aus der konstantinischen Zeit, dem Julius Firmicus Maternus, erwähnt. Die Rektaszensionalunterschiede der königlichen Sterne, stellae regales, sind: $11^h\ 57'$ und $12^h\ 49'$. Die Wichtigkeit, welche man diesem Gegenstande beilegte, ist wahrscheinlich auf Ueberlieferungen aus dem Orient gegründet, welche unter den Cäsaren mit einer großen Vorliebe zur Astrologie in das römische Reich eindrangen. Eine dunkle Stelle des Hiob (9, 9), in welcher „den Kammern des Südens" der Schenkel, d. i. das Nordgestirn des großen Bären (der berühmte Stierschenkel auf den astronomischen Darstellungen von Tendera und in dem ägyptischen Totenbuche) entgegengesetzt wurde, scheint ebenfalls durch 4 Sternbilder die 4 Himmelsgegenden bezeichnen zu wollen.

Wenn dem Altertum, ja dem späten Mittelalter ein großer und schöner Teil des südlichen Himmels jenseits der Gestirne von 53° südlicher Abweichung verhüllt geblieben war, so wurde die Kenntnis des Südhimmels ungefähr hundert Jahre vor der Erfindung und Anwendung des Fernrohrs allmählich vervollständigt. Zur Zeit des Ptolemäus sah man am Horizont von Alexandrien: den Altar, die Füße des Centaur, das südliche Kreuz, zum Centaur gerechnet oder auch wohl zu Ehren des Augustus (nach Plinius) Caesaris Thronus genannt, endlich Canopus (Canobus) im Schiffe, den der Scholiast zum Germanicus das Ptolemaeon nennt. Im Katalog des Almagest ist auch der Stern 1. Größe, der letzte im Flusse Eridanus (arabisch achir el-nahr), Achernar, aufgeführt, ob er gleich 9° unter dem Horizont war. Eine Nachricht von der Existenz dieses Sternes war also dem Ptolemäus aus südlicheren Schiffahrten im Roten Meere oder zwischen Ocelis und dem malabarischen Stapelplatze Muziris zugeführt worden. Die Vervollkommnung der Nautik führte langs der westlichen afrikanischen Küste allerdings schon 1484 Diego Cam in Begleitung von Martin Behaim, 1487 Bartholomäus Diaz, 1497 Gama auf die Fahrt nach Ostindien weit über den Aequator hinaus und in die antarktischen Gewässer bis 35° südlicher Breite; aber die erste spezielle Beachtung der großen Gestirne und Nebelflecke, die Beschreibung der Magelhaensschen Wolken und der Kohlensäcke, ja der Ruf von den „Wundern des im Mittelmeere nicht

gesehenen Himmels", gehört der Epoche von Vicente Yañez Pinzon, Amerigo Vespucci und Andrea Corsali zwischen 1500 und 1515 an. Sternabstände am südlichen Himmel wurden am Ende des 16. Jahrhunderts und im Anfang des 17. gemessen.

Zu der Verteilung der Fixsterne an dem Himmelsgewölbe hat man erst angefangen gewisse Gesetze relativer Verdichtung zu erkennen, seitdem William Herschel im Jahre 1785 auf den glücklichen Gedanken verfiel, die Zahl der Sterne in demselben Gesichtsfelde von 15′ Durchmesser in seinem 20füßigen Spiegelteleskop in verschiedenen Höhen und Richtungen zu schätzen. Dieser mühevollen Methode der Eichungen (franz. jauges, engl. process of gauging the heavens, star-gauges) ist in diesem Werke schon mehrmals gedacht worden. Das Gesichtsfeld umfaßte jedesmal nur $^1/_{233000}$ des ganzen Himmels, und solche Eichungen über die ganze Sphäre würden, nach einer Bemerkung von Struve, an 83 Jahre dauern. Man muß bei den Untersuchungen über die partielle Verteilung der Gestirne besonders die Größenklasse, zu der sie photometrisch gehören, in Anschlag bringen. Wenn man bei den hellen Sternen der ersten 3 oder 4 Größenklassen stehen bleibt, so findet man diese im ganzen ziemlich gleichförmig verteilt, doch örtlich in der südlichen Hemisphäre von ε des Orion bis α des Kreuzes vorzugsweise in eine prachtvolle Zone in der Richtung eines größten Kreises zusammengedrängt. Das so verschiedene Urteil, welches von Reisenden über die relative Schönheit des südlichen und nördlichen Himmels gefällt wird, hängt, wie ich glaube, oft nur von dem Umstande ab, daß einige der Beobachter die südlichen Regionen zu einer Zeit besucht haben, in welcher der schönste Teil der Konstellationen bei Tage kulminiert. Durch die Eichungen beider Herschel an dem nördlichen und südlichen Himmelsgewölbe ergibt sich, daß die Fixsterne von der 5. und 6. Ordnung herab bis unter die 10. und 15. Größe (besonders also die teleskopischen) an Dichtigkeit regelmäßig zunehmen, je nachdem man sich den Ringen der Milchstraße (ὁ γαλαξίας κύκλος) nähert, daß es demnach Pole des Sternreichtums und Pole der Sternarmut gibt, letztere rechtwinkelig der Hauptachse der Milchstraße. Die Dichte des Sternlichtes ist am kleinsten in den Polen des galaktischen Kreises, sie nimmt aber zu, erst langsam und dann schneller und schneller, von allen Seiten mit der galaktischen Polardistanz.

Durch eine scharfsinnige und sorgfältige Behandlung der Resultate der vorhandenen Eichungen findet Struve, daß, im Mittel, im Inneren der Milchstraße, 29,4mal (fast 30mal) so viel Sterne liegen als in den Regionen, welche die Pole der Milchstraße umgeben. Bei nördlichen galaktischen Polardistanzen von 0°, 30°, 60°, 75° und 90° sind die Verhältniszahlen der Sterne in einem Felde des Teleskops von 15′ Durchmesser: 4,15, 6,52, 17,68, 30,30 und 122,00. In der Vergleichung beider Zonen findet sich trotz großer Aehnlichkeit in dem Gesetze der Zunahme des Sternreichtums doch wieder ein absolutes Uebergewicht der Sternmenge auf seiten des schöneren südlichen Himmels.

Als ich im Jahre 1843 den Ingenieurhauptmann Schwinck freundschaftlich aufforderte, mir die Verteilung der 12148 Sterne (1^m bis 7^m inklusive), welche er auf Besſels Anregung in seine Mappa coelestis eingetragen, nach Rektaszensionsverschiedenheit mitzuteilen, fand er in vier Gruppen:

Rektasz. von	50°	bis	140°	Zahl der Sterne		3147
„ „	140°	„	230°	„	„	2627
„ „	230°	„	320°	„	„	3523
„ „	320°	„	50°	„	„	2851.

Diese Gruppen stimmen mit den noch genaueren Resultaten der Etudes stellaires überein, nach denen von Sternen 1^m bis 9^m die Maxima in Rektasz. in 6^h 40′ und 18^h 40′, die Minima in 1^h 30′ und 13^h 30′ fallen.[31]

Unter der zahllosen Menge von Sternen, welche am Himmel glänzen, sind wesentlich voneinander zu unterscheiden, in Hinsicht auf die mutmaßliche Gestaltung des Weltbaues und auf die Lage oder Tiefe der Schichten geballter Materie: die einzeln, sporadisch, zerstreuten Fixsterne, und diejenigen, welche man in abgesonderte selbständige Gruppen zusammengedrängt findet. Die letzteren sind Sternhaufen oder Sternschwärme, die oft viele Tausende von teleskopischen Sternen in erkennbarer Beziehung zu einander enthalten und die dem unbewaffneten Auge bisweilen als runde Nebel, kometenartig leuchtend, erscheinen. Das sind die nebligen Sterne des Eratosthenes und Ptolemäus, die nebulosae der Alfonsinischen Tafeln von 1252 und die des Galilei, welche (wie es im Nuncius sidereus heißt) sicut areolae sparsim per aethera subfulgent.

Die Sternhaufen selbst liegen entweder wiederum vereinzelt am Himmel, oder eng und ungleich, wie schichtenweise,

zusammengedrängt, in der Milchstraße und in den beiden Magelhaensschen Wolken. Der größte und gewiß für die Konfiguration der Milchstraßenringe bedeutsamste Reichtum von runden Sternhaufen (globular clusters) findet sich in einer Region des südlichen Himmels zwischen der Corona australis, dem Schützen, dem Schwanz des Skorpions und dem Altar (RA. 16^h 45′ bis 19^h). Aber nicht alle Sternhaufen in oder nahe der Milchstraße sind rund und kugelförmig; es gibt dort auch mehrere von unregelmäßigen Umrissen, wenig reich an Sternen und mit einem nicht sehr dichten Centrum. In vielen runden Sterngruppen sind die Sterne von gleicher Größe, in anderen sind sie sehr ungleich. In einigen seltenen Fällen zeigen sie einen schönen rötlichen Centralstern (RA. 2^h 10′, nördl. Dekl. 56° 21′). Wie solche Weltinseln mit allen darin wimmelnden Sonnen frei und ungestört rotieren können, ist ein schwieriges Problem der Dynamik. Nebelflecke und Sternhaufen, wenn auch von den ersteren jetzt sehr allgemein angenommen wird, daß sie ebenfalls aus sehr kleinen, aber noch ferneren Sternen bestehen, scheinen doch in ihrer örtlichen Verteilung verschiedenen Gesetzen unterworfen. Die Erkenntnis dieser Gesetze wird vorzugsweise die Ahnungen über das, was man kühn den Himmelsbau zu nennen pflegt, modifizieren. Auch ist die Beobachtung sehr merkwürdig, daß runde Nebelflecke sich bei gleicher Oeffnung und Vergrößerung des Fernrohrs leichter in Sternhaufen auflösen als ovale.

Von den wie in sich abgeschlossenen Systemen der Sternhaufen und Sternschwärme begnügen wir uns hier zu nennen:

die Plejaden, gewiß den rohesten Völkern am frühesten bekannt, das Schiffahrtsgestirn, Pleias ἀπὸ τοῦ πλεῖν: wie der alte Scholiast des Aratus wohl richtiger etymologisiert als neuere Schriftsteller, die den Namen von der Fülle, von πλέος, herleiten; die Schiffahrt des Mittelalters dauerte vom Mai bis Anfang November, vom Frühaufgange bis zum Frühuntergang der Plejaden;

die Krippe im Krebs, nach Plinius nubecula quam Praesepia vocant inter Asellos, ein νεφέλιον des Pseudo-Eratosthenes;

den Sternhaufen am Schwerthandgriff des Perseus, von den griechischen Astronomen oft genannt;

das Haupthaar der Berenice; wie die drei vorigen dem bloßen Auge sichtbar;

Sternhaufen in der Nähe des Arcturus (Nr. 1663), teleskopisch; RA. 13h 34′ 12″, nördl. Dekl. 29° 14′; mehr als tausend Sternchen 10. bis 12. Größe;

Sternhaufen zwischen η und ζ Herculis; in hellen Nächten dem bloßen Auge sichtbar, im Fernrohr ein prachtvoller Gegenstand (Nr. 1968), mit sonderbar strahlförmig auslaufendem Rande; RA. 16h 35′ 37″, nördl. Dekl. 36° 47′; von Halley 1714 zuerst beschrieben;

Sternhaufen bei ω des Centauren; von Halley schon 1677 beschrieben, dem bloßen Auge erscheinend wie ein kometenartiger runder Flecken, fast leuchtend als ein Stern 4m bis 5m; in mächtigen Fernröhren erscheint er aus zahllosen Sternchen 13. bis 15. Größe zusammengesetzt, welche sich gegen die Mitte verdichten; RA. 13h 16′ 38″, südl. Dekl. 46° 35; in Sir John Herschels Katalog der Sternhaufen des südlichen Himmels Nr. 3504, im Durchmesser 15′ (Kapreise p. 21 und 105, Outl. of Astr. p. 595);

Sternhaufen bei κ des südlichen Kreuzes (Nr. 3435): zusammengesetzt aus vielfarbigen Sternchen 12. bis 16. Größe, welche auf eine Area von $\frac{1}{48}$ eines Quadratgrades verteilt sind; nach Lacaille ein Nebelstern, aber durch Sir John Herschel so vollständig aufgelöst, daß gar kein Nebel übrig blieb; der Centralstern gesättigt rot (Kapreise p. 17 und 102 Pl. I, fig. 2);

Sternhaufen 47 Toucani Bode; Nr. 2322 des Katalogs von Sir John Herschel, eines der merkwürdigsten Objekte des südlichen Himmels. Es hat dasselbe auch mich einige Nächte kometenartig getäuscht, als ich zuerst nach Peru kam und es unter 12° südlicher Breite sich höher über den Horizont erheben sah. Die Sichtbarkeit für das unbewaffnete Auge ist um so größer, als der Sternhaufen des Toucan, von 15′ bis 20′ Durchmesser, zwar der kleinen Magelhaensschen Wolke nahe, aber auf einer ganz sternleeren Stelle steht. Er ist im Inneren blaßrosenrot, konzentrisch mit einem weißen Rande umgeben, aus Sternchen (14m bis 16m) und zwar von gleicher Größe zusammengesetzt, alle Kennzeichen der Kugelform körperlich darbietend. [82]

Sternhaufen am Gürtel der Andromeda bei ν dieser Konstellation. Die Auflösung des berühmten Nebelfleckes der Andromeda in Sternchen, von denen über 1500 erkannt worden sind, gehört zu den merkwürdigsten Entdeckungen in der beschauenden Astronomie unserer Zeit. Sie ist das Verdienst von George Bond, Gehilfen an der Sternwarte zu Cambridge in den Vereinigten Staaten (März 1848), und zeugt zugleich für die vortreffliche Lichtstärke des dort aufgestellten, mit einem Objektiv von 14 Pariser Zoll Durchmesser versehenen Refraktors, da selbst ein Reflektor von 18 Zoll Durchmesser des

Spiegels „noch keine Spur von der Anwesenheit eines Sternes ahnen läßt". Vielleicht ist der Sternhaufen in der Andromeda schon am Ende des 10. Jahrhunderts als ein Nebel von ovaler Form aufgeführt worden; sicherer ist es aber, daß Simon Marius (Mayer aus Gunzenhausen, derselbe, der auch den Farbenwechsel bei der Scintillation bemerkte) ihn am 15. Dezember 1612 als einen neuen, von Tycho nicht genannten, sternlosen, wundersamen Weltkörper erkannt und zuerst umständlich beschrieben hat. Ein halbes Jahrhundert später beschäftigte sich Boulliau, der Verfasser der Astronomia philolaica, mit demselben Gegenstande. Was diesem Sternhaufen, der $2^1/_2{}^0$ Länge und über 1^0 Breite hat, einen besonderen Charakter gibt, sind die zwei merkwürdigen, unter sich und der Längenachse parallelen, sehr schmalen schwarzen Streifen, welche rißartig das Ganze nach Bonds Untersuchung durchsetzen. Diese Gestaltung erinnert lebhaft an den sonderbaren Längenriß in einem unaufgelösten Nebel der südlichen Hemisphäre, Nr. 3501, welchen Sir John Herschel beschrieben und abgebildet hat (Kapreise p. 20 und 105 Pl. IV. fig. 2).

Ich habe dieser Auswahl merkwürdiger Sternhaufen, trotz der wichtigen Entdeckungen, welche wir dem Lord Rosse und seinem Riesenreflektor zu verdanken haben, den großen Nebel im Gürtel des Orion noch nicht beigefügt, da es mir geeigneter zu sein scheint, von den in demselben bereits aufgelösten Teilen in dem Abschnitt von den Nebenflecken zu handeln.

Die größte Anhäufung von Sternhaufen, keineswegs von Nebelflecken, findet sich in der Milchstraße[33] (Galaxias, dem Himmelsfluſſe[34] der Araber), welche fast einen größten Kreis der Sphäre bildet und gegen den Aequator unter einem Winkel von 63^0 geneigt ist. Die Pole der Milchstraße liegen: RA. 12^h 47′, nördl. Dekl. 27^0 und RA. 0^h 47′, südl. Dekl. 27^0, also als Nordpol nahe dem Haupthaar der Berenice, als Südpol zwischen Phönix und Walfisch. Wenn alle planetarischen örtlichen Verhältnisse auf die Ekliptik, auf den größten Kreis, in welchem die Ebene der Sonnenbahn die Sphäre durchschneidet, bezogen werden, so finden gleich bequem viele örtliche Beziehungen der Fixsterne (z. B. die ihrer Anhäufung oder Gruppierung) auf den fast größten Kreis der Milchstraße statt. In diesem Sinne ist dieselbe für die siderische Welt, was die Ekliptik vorzugsweise für die Planetenwelt unseres Sonnensystemes ist. Die Milchstraße schneidet den Aequator im Einhorn zwischen Procyon und

Sirius, RA. 6^h 54′ (für 1800), und in der linken Hand des Antinous, RA. 19^h 15′. Die Milchstraße teilt demnach die Himmelssphäre in zwei etwas ungleiche Hälften, deren Areale sich ungefähr wie 8 : 9 verhalten. In der kleineren Hälfte liegt der Frühlingspunkt. Die Breite der Milchstraße ist in ihrem Laufe sehr veränderlich. Wo sie am schmälsten und zugleich mit am glänzendsten ist, zwischen dem Vorderteil des Schiffes und dem Kreuze, dem Südpol am nächsten, hat sie kaum 3 bis 4 Grad Breite; an anderen Punkten 16°, und geteilt zwischen dem Schlangenträger und Antinous bis 22°. William Herschel hat bemerkt, daß, nach seinen Sterneichungen zu urteilen, die Milchstraße in vielen Regionen eine 7 bis 8 Grad größere Breite hat, als es uns der dem unbewaffneten Auge sichtbare Sternschimmer verkündigt.

Der Milchweiße der ganzen Zone hatte schon Huygens, welcher im Jahre 1656 seinen 23füßigen Refraktor auf die Milchstraße richtete, den unauflöslichen Nebel abgesprochen. Sorgfältigere Anwendung von Spiegelteleskopen der größten Dimension und Lichtstärke hat später noch sicherer erwiesen, was schon Demokritus und Manilius vom alten Wege des Phaethon vermuteten, daß der milchige Lichtschimmer allein den zusammengedrängten kleinen Sternschichten, nicht aber den sparsam eingemengten Nebelflecken zuzuschreiben sei. Dieser Lichtschimmer ist derselbe an Punkten, wo alles sich vollkommen in Sterne auflöst, und zwar in Sterne, die sich auf einen schwarzen, ganz dunstfreien Grund projizieren.[37] Es ist im allgemeinen ein merkwürdiger Charakter der Milchstraße, daß kugelförmige Sternhaufen (globular clusters) und Nebelflecke von regelmäßiger ovaler Form in derselben gleich selten sind,[38] während beide in sehr großer Entfernung von der Milchstraße sich angehäuft finden, ja in den Magelhaensschen Wolken isolierte Sterne, kugelförmige Sternhaufen in allen Zuständen der Verdichtung und Nebelflecke von bestimmt ovaler und von ganz unregelmäßiger Form miteinander gemengt sind. Eine merkwürdige Ausnahme von dieser Seltenheit kugelförmiger Sternhaufen in der Milchstraße bildet eine Region derselben zwischen RA. 16^h 45′ und 18^h 44′, zwischen dem Altar, der südlichen Krone, dem Kopf und Leibe des Schützen und dem Schwanz des Skorpions. Zwischen ε und ϑ des letzteren liegt selbst einer der am südlichen Himmel so überaus seltenen ringförmigen Nebel. In dem Gesichtsfelde mächtiger Teleskope (und man muß sich

erinnern, daß nach Schätzungen von Sir William Herschel ein 20füßiges Instrument 900, ein 40füßiges 2800 Siriusweiten eindringt) erscheint die Milchstraße ebenso verschiedenartig in ihrem *sideralen Inhalte*, als sie sich unregelmäßig und unbestimmt in ihren Umrissen und Grenzen dem unbewaffneten Auge darstellt. Wenn in einigen Strichen sie über weite Räume die größte Einförmigkeit des Lichtes und der scheinbaren Größe der Sterne darbietet, so folgen in anderen Strichen die glänzendsten Fleckchen eng zusammengedrängter Lichtpunkte, durch dunklere [37] sternarme Zwischenräume körnig oder gar netzförmig unterbrochen; ja in einigen dieser Zwischenräume, ganz im Inneren der Galaxis, ist auch nicht der kleinste Stern (18^m oder 20^m) zu entdecken. Man kann sich des Gedankens nicht erwehren, daß man dort durch die ganze Sternschicht der Milchstraße wirklich durchsehe. Wenn Sternzeichnungen eben erst im teleskopischen Gesichtsfelde (von 15′ Durchmesser) nur 40 bis 50 Sterne als Mittelzahl gegeben haben, so folgen bald daneben Gesichtsfelder mit 400 bis 500. Sterne von höherer Ordnung treten oft im feinsten Sternendunste auf, während alle mittleren Ordnungen fehlen. Was wir Sterne der niedrigsten Ordnung nennen, mögen uns nicht immer nur wegen ihres ungeheuren Abstandes als solche erscheinen, sondern auch weil sie wirklich von geringerem Volum und geringerer Lichtentwickelung sind.

Um die Kontraste der reicheren oder ärmeren Anhäufung von Sternen, des größten oder minderen Glanzes aufzufassen, muß man Regionen bezeichnen, die sehr weit voneinander entfernt liegen. Das Maximum der Anhäufung und der herrlichste Glanz findet sich zwischen dem Vorderteil des Schiffes und dem Schützen oder, genauer gesprochen, zwischen dem Altar, dem Schwanz des Skorpions, der Hand und dem Bogen des Schützen und dem rechten Fuß des Schlangenträgers. „Keine Gegend der ganzen Himmelsdecke gewährt mehr Mannigfaltigkeit und Pracht durch Fülle und Art der Gruppierung.“ [38] Dieser südlichen Region kommt im Maximum am nächsten an unserem nördlichen Himmel die anmutige und sternreiche Gegend im Adler und Schwan, wo die Milchstraße sich teilt. So wie die größte Schmalheit unter den Fuß des Kreuzes fällt, ist dagegen die Region des Minimums des Glanzes (der Verödung der Milchstraße) in der Gegend des Einhorns wie in der des Perseus.

Die Pracht der Milchstraße in der südlichen Hemisphäre

wird noch durch den Umstand vermehrt, daß zwischen dem durch seine Veränderlichkeit so berühmt gewordenen Stern η Argus und α Crucis, unter den Parallelen von 59 und 60° südl. Breite, die merkwürdige Zone sehr großer und wahrscheinlich uns sehr naher Gestirne, zu welcher die Konstellationen des Orion und des großen Hundes, des Skorpions, des Centauren und des Kreuzes gehören, die Milchstraße unter einem Winkel von 20° schneidet. Ein größter Kreis, der durch ε Orionis und den Fuß des Kreuzes gelegt wird, bezeichnet die Richtung dieser merkwürdigen Zone. Die, man möchte sagen, malerisch-landschaftliche Wirkung der Milchstraße wird in beiden Hemisphären durch ihre mehrfache Teilung erhöht. Sie bleibt ungefähr $\frac{2}{3}$ ihres Zuges hindurch ungeteilt. In der großen Bifurkation trennen sich nach Sir John Herschel die Zweige bei α Centauri, nicht bei β Centauri, wie unsere Sternkarten angeben, oder beim Altar, wie Ptolemäus will; sie kommen wieder zusammen im Schwan.

Um den ganzen Verlauf und die Richtung der Milchstraße mit ihren Nebenzweigen im allgemeinen übersehen zu können, geben wir hier in gedrängter Kürze eine Uebersicht, die nach der Folge der Rektaszensionen geordnet ist. Durch γ und ε Cassiopejae hindurchgehend sendet die Milchstraße südlich einen Zweig nach ε Persei, welcher sich gegen die Plejaden und Hyaden verliert. Der Hauptstrom, hier sehr schwach, geht über die Hoedi (Böckchen) im Fuhrmann, die Füße der Zwillinge, die Hörner des Taurus, das Sommer-Solstitium der Ekliptik und die Keule des Orion nach $6^h\,54'$ RA. (für 1800), den Aequator an dem Halse des Einhorns schneidend. Von hier an nimmt die Helligkeit beträchtlich zu. Am Hinterteil des Schiffes geht ein Zweig südlich ab bis γ Argûs, wo derselbe plötzlich abbricht. Der Hauptstrom setzt fort bis 35° südl. Dekl., wo er, fächerförmig zerteilt (20° breit), ebenfalls abbricht, so daß in der Linie von γ nach λ Argûs sich eine weite Lücke in der Milchstraße zeigt. In ähnlicher Ausbreitung beginnt letztere nachher wieder, verengt sich aber an den Hinterfüßen des Centauren und vor dem Eintritte in das südliche Kreuz, wo sie ihren schmalsten Streifen von nur 3° oder 4° Breite bildet. Bald darauf dehnt sich der Lichtweg wieder zu einer hellen und breiten Masse aus, die β Centauri wie α und β Crucis einschließt und in deren Mitte der schwarze birnförmige Kohlensack liegt, dessen ich im 7. Abschnitt

näher erwähnen werde. In dieser merkwürdigen Region, etwas unterhalb des Kohlensackes, ist die Milchstraße dem Südpol am nächsten.

Bei α Centauri tritt die schon oben berührte Hauptteilung ein, eine Bifurkation, welche sich nach den älteren Ansichten bis zu dem Sternbild des Schwanes erhält. Zuerst, von α Centauri aus gerechnet, geht ein schmaler Zweig nördlich nach dem Wolf hinwärts, wo er sich verliert; dann zeigt sich eine Teilung beim Winkelmaß (bei γ Normae). Der nördliche Zweig bildet unregelmäßige Formen bis in die Gegend des Fußes des Schlangenträgers, wo er ganz verschwindet; der südlichste Zweig wird jetzt der Hauptstrom und geht durch den Altar und den Schwanz des Skorpions nach dem Bogen des Schützen, wo er in 276° Länge die Ekliptik durchschneidet. Weiterhin erkennt man ihn aber in unterbrochener, fleckiger Gestalt, fortlaufend durch den Adler, den Pfeil und den Fuchs bis zum Schwan. Hier beginnt eine sehr unregelmäßige Gegend, wo zwischen ε, α und γ Cygni eine breite, dunkle Leere sich zeigt, die Sir John Herschel[40] mit dem Kohlensack im südlichen Kreuze vergleicht und die wie ein Centrum bildet, von welchem drei partielle Ströme ausgehen. Einer derselben, von größerer Lichtstärke, kann gleichsam rückwärts über ζ Cygni und s Aquilae verfolgt werden, jedoch ohne sich mit dem bereits oben erwähnten, bis zum Fuß des Ophiuchus gehenden Zweige zu vereinigen. Ein beträchtlicher Ansatz der Milchstraße dehnt sich außerdem noch vom Kopfe des Cepheus, also in der Nähe der Kassiopeia, von welcher Konstellation an wir die Schilderung der Milchstraße begonnen haben, nach dem kleinen Bären und dem Nordpol hin aus.

Bei den außerordentlichen Fortschritten, welche durch Anwendung großer Teleskope allmählich die Kenntnis von dem Sterninhalte und der Verschiedenheit der Lichtkonzentration in einzelnen Teilen der Milchstraße gemacht hat, sind an die Stelle bloß optischer Projektionsansichten mehr physische Gestaltungsansichten getreten. Thomas Wright[41] von Durham, Kant, Lambert und zuerst auch William Herschel waren geneigt, die Gestalt der Milchstraße und die scheinbare Anhäufung der Sterne in derselben als eine Folge der abgeplatteten Gestalt und ungleichen Dimensionen der Weltinsel (Sternschicht) zu betrachten, in welche unser Sonnensystem eingeschlossen ist. Die Hypothese von der gleichen Größe und gleichartigen Verteilung der Fixsterne ist neuerdings vielseitig erschüttert worden.[42]

Der kühne und geistreiche Erforscher des Himmels, William Herschel hat sich in seinen letzten Arbeiten für die Annahme eines Ringes von Sternen entschieden, die er in seiner schönen Abhandlung vom Jahre 1784 bestritt. Die neuesten Beobachtungen haben die Hypothese von einem System voneinander abstehender konzentrischer Ringe begünstigt. Die Dicke dieser Sternringe scheint sehr ungleich, und die einzelnen Schichten, deren vereinten stärkeren oder schwacheren Lichtglanz wir empfangen, liegen gewiß in sehr verschiedenen Höhen, d. h. in verschiedenen Entfernungen von uns: aber die relative Helligkeit der einzelnen Sterne, die wir von 10. bis 16. Größe schätzen, kann nicht in der Art als maßgebend für die Entfernung betrachtet werden, daß man befriedigend den Radius der Abstandssphäre numerisch daraus bestimmen könnte.

In vielen Gegenden der Milchstraße genügt die raumdurchdringende Kraft der Instrumente, ganze Sternwolken aufzulösen und die einzelnen Lichtpunkte auf die dunkle, sternlose Himmelsluft projiziert zu sehen. Wir blicken dann wirklich durch wie ins Freie. „It leads us," sagt Sir John Herschel, „irresistibly to the conclusion, that in these regions we see *fairly through* the starry stratum."[48] In anderen Gegenden sieht man wie durch Oeffnungen und Spalten, sei es auf ferne Weltinseln oder weit auslaufende Zweige des Ringsystems; in noch anderen ist die Milchstraße bisher unergründlich (fathomless, insondable) geblieben, selbst für das 40füßige Teleskop.[49] Untersuchungen über die ungleichartige Lichtintensität der Milchstraße wie über die Größenordnungen der Sterne, welche von den Polen der Milchstraße zu ihr selbst hin an Menge regelmäßig zunehmen (die Zunahme wird vorzugsweise 30° auf jeder Seite der Milchstraße in Sternen unterhalb der 11. Größe, also in $\frac{1}{11}$ aller Sterne, bemerkt), haben den neuesten Erforscher der südlichsten Himmelssphäre zu merkwürdigen Ansichten und wahrscheinlichen Resultaten über die Gestalt des galaktischen Ringsystems und über das geleitet, was man kühn die Stelle der Sonne in der Weltinsel nennt, welcher jenes Ringsystem angehört. Der Standort, den man der Sonne anweist, ist exzentrisch, vermutlich da, wo eine Nebenschicht sich von dem Hauptringe abzweigt, in einer der verödeteren Regionen, die dem südlichen Kreuze näher liegt als dem entgegengesetzten Knoten der Milchstraße.[50] „Die Tiefe, zu der unser

Sonnensystem in das Sternstratum, welches die Milchstraße bildet, eingetaucht liegt, soll dazu (von der südlichen Grenzoberfläche an gerechnet) dem Abstande oder Lichtwege von Sternen der 9. und 10., nicht der 11. Größe gleich sein." Wo, der eigentümlichen Natur gewisser Probleme nach, Messungen und unmittelbare sinnliche Wahrnehmungen fehlen, ruht nur wie ein Dämmerlicht auf Resultaten, zu welchen, ahnungsvoll getrieben, die geistige Anschauung sich erhebt.

Anmerkungen.

[1] (S. 103.) Heis versichert, daß an dem im mittleren Europa sichtbaren Teil des Himmels nicht mehr als 4 bis 5000 Sterne gezählt werden können. Zu Münster zählte er 5421 Sterne. Da in Münster acht Zehntel des Himmels sichtbar sind, so würde unter der Annahme, daß der Rest der Halbkugel ebenso dicht mit Sternen bedeckt ist, als der übrige Himmel, die Gesamtzahl der sichtbaren Sterne 6800 betragen [D. Herausg.]

[2] (S. 103.) Ich kann nicht versuchen, in eine Anmerkung alle Gründe zusammenzudrängen, auf welche sich Argelanders Ansichten stützen. Es wird hinlänglich sein, aus seinen freundschaftlichen Briefen an mich hier folgendes mitzuteilen: „Sie haben in früheren Jahren (1843) den Hauptmann Schwinck aufgefordert, nach Maßgabe der auf seine Mappa coelestis aufgetragenen Sterne die Zahl derer zu schätzen, welche 1. bis 7. Größe (letztere eingeschlossen) das ganze Himmelsgewölbe zu enthalten scheint. Er findet von $-30°$ bis $+90°$ nördlicher Abweichung 12148 Sterne; folglich, in der Voraussetzung, daß die Anhäufung vom $30°$ südlicher Abweichung bis zum Südpol dieselbe sei, am ganzen Firmament 16200 Sterne von den eben genannten Größen. Diese Schätzung scheint auch mir der Wahrheit sehr nahe zu kommen. Es ist bekannt, daß, wenn man nur die ganze Masse betrachtet, jede folgende Klasse ungefähr dreimal so viel Sterne enthält als die vorhergehende. Nun habe ich nördlich von dem Aequator in meiner Uranometrie 1441 Sterne 6^m, woraus für den ganzen Himmel etwa 3000 folgen würden; hierin sind aber die Sterne $6 . 7^m$ nicht einbegriffen, welche man, wenn nur ganze Klassen gezählt werden, noch zu der sechsten Klasse rechnen müßte. Ich glaube, daß man diese zu 1000 annehmen könne, so daß man 4000 Sterne 6^m hätte, und also nach der obigen Regel 12000 Sterne 7^m, oder 18000 Sterne von 1^m bis 7^m intl. Etwas näher komme ich durch andere Betrachtungen über die Zahl der Sterne 7^m, welche ich in meinen Zonen verzeichnet habe, nämlich 2251, bei Berücksichtigung der darunter doppelt oder mehrfach beobachteten und der wahrscheinlich übersehenen. Ich finde auf diesem Wege zwischen $45°$ und $80°$ nördl. Dekl. 2340 Sterne 7^m, und daraus für den ganzen

Himmel gegen 17000 Sterne. – Struve gibt die Zahl der Sterne bis 7^m in der von ihm durchmusterten Himmelsgegend (von $-15°$ zu $+90°$) zu 13400 an, woraus für den ganzen Himmel 21300 folgen würden. Nach der Einleitung zu Weißes Catol. e zonis Regiomontanis ded. p. XXXII findet Struve in dem Gürtel von $-15°$ bis $+15°$ nach einer Wahrscheinlichkeitsrechnung 3903 Sterne 1^m bis 7^m, also am ganzen Himmel 15050. Die Zahl ist geringer, weil Bessel die helleren Sterne um fast eine halbe Größe geringer schätzte als ich. Es ist hier nur ein Mittelwert zu erhalten, und dieser würde also wohl 18000 von 1^m bis 7^m inkl. sein. Sir John Herschel spricht in der Stelle der Outlines of Astronomy p. 521, an die Sie mich erinnern, nur von bereits eingetragenen Sternen: „The whole number of stars already registered down to the seventh magnitude, inclusive, amounting to from 12000 to 15000." Was die schwächeren Sterne 8^m und 9^m betrifft, so findet Struve in dem oben bezeichneten Gürtel von $-15°$ bis $+15°$: Sterne 8. Größe 10557, Sterne 9. Größe 37739; folglich für den ganzen Himmel 40800 Sterne 8^m und 145800 Sterne 9^m. Wir hätten also von Struve von 1. bis 9. Größe inkl. 15100 + 40800 + 145800 = 201700 Sterne. Diese Zahlen hat Struve gefunden, indem er diejenigen Zonen oder Teile von Zonen, welche dieselben Himmelsgegenden umfaßten, sorgfältig verglich, und aus der Zahl der in denselben gemeinschaftlichen und der in jeder verschiedenen Sterne nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die Zahl der wirklich vorhandenen Sterne schloß. Da hierbei eine große Zahl von Sternen konkurriert hat, so verdient diese Rechnung sehr viel Vertrauen.
Bessel hat in seinen sämtlichen Zonen zwischen $-15°$ und $+45°$, nach Abzug der doppelt oder mehrfach beobachteten und der Sterne 9.10^m, etwa 61000 verschiedene Sterne 1^m bis 9^m inkl. verzeichnet, woraus, mit Berücksichtigung der nach der Wahrscheinlichkeit übersehenen, etwa 101500 der genannten Größen in diesem Teile des Himmels folgen würden. Meine Zonen enthalten zwischen $+45°$ und $+80°$ etwa 22000 verschiedene Sterne, davon müssen aber etwa 3000 von 9.10^m abgezogen werden, bleiben 19000. Meine Zonen sind etwas reicher als die Besselschen, und ich glaube daher in ihren Grenzen ($+45°$ und $+80°$) überhaupt nicht mehr als 28500 wirklich existierende Sterne annehmen zu können, so daß wir also 130000 Sterne bis zur 9^m inkl. zwischen $-15°$ und $+80°$ hätten. Dies ist aber 0,62181 des ganzen Himmels; und wir fänden bei gleichmäßiger Verteilung am ganzen Firmament 209000 Sterne, also wieder nahe dieselbe Zahl wie nach Struve, vielleicht selbst eine nicht unbedeutend größere, da Struve die Sterne 9.10^m zu den Sternen 9^m gerechnet hat. — Die Zahlen, die wir nach meiner Ansicht für den ganzen Himmel annehmen können, wären also 1^m 20, 2^m 65, 3^m 190, 4^m 425, 5^m 1100, 6^m 3200, 7^m 13000, 8^m 40000, 9^m 142000; zusammen von 1. bis

9. Größe inkl. 200000 Sterne. — Wenn Sie mir einwerfen, daß Lalande die Zahl der von ihm beobachteten mit bloßen Augen sichtbaren Sterne zu 6000 angibt, so bemerke ich hierauf, daß darunter sehr viele doppelt und mehrfach beobachtete vorkommen, und daß man nach Weglassung dieser zu der Zahl von nur ungefähr 3800 Sternen in dem zwischen $-26^{\circ}\,30'$ und $+90^{\circ}$ liegenden Teile des Himmels, welchen Lalandes Beobachtungen umfassen, gelangt. Da dieses 0,72310 des ganzen Himmels ist, so würden sich für diesen wieder 5255 mit bloßen Augen sichtbare Sterne ergeben. Eine Durchmusterung der aus sehr heterogenen Elementen zusammengesetzten Uranographie von Bode (17240 Sterne) gibt nach Abzug der Nebelflecke und kleineren Sterne, sowie der zu 6. Größe erhobenen Sterne 6 . 7. Größe nicht über 5600 von 1^{m} bis 6^{m} inkl. Eine ähnliche Schätzung nach den von La Caille zwischen dem Südpol und dem Wendekreise des Steinbocks verzeichneten Sternen 1^{m} bis 6^{m} reduziert sich für den ganzen Himmel, in zwei Grenzen von 3960 und 5900, wieder auf die Ihnen früher gegebenen mittleren Resultate. Sie sehen, daß ich mich gern bestrebt habe, Ihren Wunsch einer gründlicheren Untersuchung der Zahlen zu erfüllen. Ich darf hinzufügen, daß Herr Oberlehrer Heis in Aachen seit mehreren Jahren mit einer überaus sorgfältigen Umarbeitung meiner Uranometrie beschäftigt ist. Nach dem, was von dieser Arbeit bereits vollendet worden, und nach den beträchtlichen Vermehrungen meiner Uranometrie, welche ein mit schärferem Sehorgan begabter Beobachter erlangt hat, finde ich für die nördliche Halbkugel des Himmels 2836 Sterne 1^{m} bis 6^{m} intl., also, bei der Voraussetzung gleicher Verteilung, für das ganze Firmament wieder 5672 dem schärfsten Auge sichtbare Sterne." (Aus Handschriften von Professor Argelander, März 1850.)

[3] (S. 103.) Schubert rechnet Sterne bis zur 6. Größe am ganzen Himmel 7000 (fast wie ich ehemals im Kosmos Bd. I, S. 107) und für den Horizont von Paris über 5000; in der ganzen Sphäre bis zur 9. Größe 70000. Alle diese Angaben sind beträchtlich zu hoch. Argelander findet von 1^{m} bis 8^{m} nur 58000.

[4] (S. 104.) „Patrocinatur vastitas caeli, immensa discreta altitudine in duo atque septuaginta signa. Haec sunt rerum et animantium effigies, in quas digessere caelum periti. In his quidem mille sexcentas adnotavere stellas, insignes videlicet effectu visuve . . . ." Plin. II, 41. — „Hipparchus nunquam satis laudatus, ut quo nemo magis approbaverit cognationem cum homine siderum animasque nostras partem esse caeli, novam stellam et aliam in aevo suo genitam deprehendit, ejusque motu, qua die fulsit, ad dubitationem est adductus, anne hoc saepius fieret moverenturque et eae quas putamus affixas; itemque ausus rem etiam Deo improbam, adnumerare posteris stellas ac sidera ad nomen expungere, organis excogitatis, per quae singularum loca atque magni-

tudines signaret, ut facile discerni posset ex eo, non modo an obirent nascerenturve, sed an omnino aliqua transirent moverenturve, item an crescerent minuerenturque, caelo in hereditate cunctis relicto, si quisquam qui cretionem eam caperet inventus esset.“ Plin. II, 26.

[5] (S. 105.) Aratus hat das seltene Geschick gehabt, fast zugleich von Ovidius und vom Apostel Paulus zu Athen, in einer ernsteren, gegen die Epikureer und Stoiker gerichteten Rede, gepriesen zu werden. Paulus nennt zwar nicht den Namen selbst, erwähnt aber unverkennbar eines Verses aus dem Aratus über die innige Gemeinschaft des Sterblichen mit der Gottheit.

[6] (S. 105.) Von den Jahren unserer Zeitrechnung, an welche die Beobachtungen des Aristyllus wie die Sterntafeln des Hipparchus (128, nicht 140 vor Chr.) und Ptolemäus (138 nach Chr.) zu knüpfen sind, handelt auch Baily in den Memoirs of the Astron. Soc. Vol XIII, 1843, p. 12 und 15.

[7] (S. 105.) Die Behauptung, daß, wenn auch Hipparch immer die Sterne nach ihrer Geradaufsteigung und Deklination bezeichnet habe, doch sein Sternkatalog wie der des Ptolemäus nach Längen und Breiten geordnet gewesen sei, hat wenig Wahrscheinlichkeit, und steht im Widerspruch mit Almagest Buch VII, cap. 4, wo die Beziehungen auf die Ekliptik als etwas Neues, die Kenntnis der Bewegung der Fixsterne um die Pole der Ekliptik Erleichterndes dargestellt werden. Die Sterntafel mit beigesetzten Längen, welche Petrus Victorius in einem mediceischen Kodex gefunden und mit dem Leben des Aratus zu Florenz 1567 herausgegeben, wird von diesem allerdings dem Hipparch zugeschrieben, aber ohne Beweis. Sie scheint eine bloße Abschrift des Ptolemäischen Verzeichnisses aus einer alten Handschrift des Almagest, mit Vernachlässigung aller Breiten. Da Ptolemäus eine unvollkommene Kenntnis von der Quantität des Zurückweichens der Aequinoktial- und Solstitialpunkte hatte und dieselbe ungefähr um $^{28}/_{100}$ zu langsam annahm, so stellt sein Verzeichnis, das er für den Anfang der Regierung Antonins bestimmte, die Oerter der Sterne für eine viel frühere Epoche (für das Jahr 63 nach Chr.) dar. Die frühere Epoche, für die das Ptolemäische Sternverzeichnis, seinem Verfasser unbewußt, das Firmament darstellt, fällt übrigens sehr wahrscheinlich mit der Epoche zusammen, in welche man die Katasterismen des Pseudo-Eratosthenes versetzen kann, welche, wie ich schon an einem anderen Orte bemerkt habe, später als der Augusteische Hygin sind, aus ihm geschöpft scheinen und dem Gedichte Hermes des echten Eratosthenes fremd bleiben. Diese Katasterismen des Pseudo-Eratosthenes enthalten übrigens kaum 700 einzelne Sterne unter die mythischen Konstellationen verteilt.

[8] (S. 106.) Von den ilkhanischen Tafeln besitzt die Pariser Bibliothek ein Manuskript von der Hand des Sohnes von Nasir-Eddin. Sie führen ihren Namen von dem Titel Ilkhan,

welchen die in Persien herrschenden tatarischen Fürsten angenommen hatten.

[9] (S. 106.) „In meinen Untersuchungen über den relativen Wert der astronomischen Ortsbestimmungen von Innerasien habe ich nach den verschiedenen arabischen und persischen Handschriften der Pariser Bibliothek die Breiten von Samarkand und Bothara angegeben. Ich habe wahrscheinlich gemacht, daß die erstere größer als 39° 52′ ist, während die meisten und besseren Handschriften von Ulugh Beg 39° 37′, ja das Kitab al-athual von Alfares und der Kanun des Albyruni 40° haben. Ich glaube von neuem darauf aufmerksam machen zu müssen, wie wichtig es für die Geographie und für die Geschichte der Astronomie wäre, endlich einmal die Position von Samarkand in Länge und Breite durch eine neue und glaubwürdige Beobachtung bestimmen zu lassen. Die Breite von Bothara kennen wir durch Sterntulminationen aus der Reise von Burnes. Sie gaben 39° 43′ 41″. Die Fehler der zwei schönen persischen und arabischen Handschriften (Nr. 164 und 2460) der Pariser Bibliothek sind also nur sieben bis acht Minuten; aber der immer in seinen Kombinationen so glückliche Major Rennell hatte sich für Bokhara um 19′ geirrt.

[10] (S. 109.) Ich dränge hier in eine Note die numerischen Angaben aus den Sternverzeichnissen zusammen, die minder große Massen, eine kleinere Zahl von Positionen enthalten. Es folgen die Namen der Beobachter mit Beisatz der Zahl der Ortsbestimmungen: La Caille (er beobachtete kaum zehn Monate 1751 und 1752, mit nur achtmaliger Vergrößerung) 9766 südliche Sterne bis 7^m intl., reduziert auf das Jahr 1750 von Henderson; Tobias Mayer 998 Sterne für 1756; Flamsteed ursprünglich 2866, aber durch Bailys Sorgfalt mit 564 vermehrt; Bradley 3222, von Bessel auf das Jahr 1755 reduziert; Pond 1112; Piazzi 7646 Sterne, für 1800; Groombridge 4243, meist Cirkumpolarsterne, für 1810; Sir Thomas Brisbane und Rümker 7385 in den Jahren 1822 bis 1828 in Neuholland beobachtete südliche Sterne; Airy 2156 Sterne, auf das Jahr 1845 reduziert; Rümker 12000, am Hamburger Horizont; Argelander (Kat. von Abo) 560; Taylor (Madras) 11015. Der British Association Catalogue of Stars, 1845 unter Bailys Aufsicht bearbeitet, enthält 8377 Sterne von Größe 1 bis $7^1/_2$. Für die südlichsten Sterne besitzen wir noch die reichen Verzeichnisse von Henderson, Fallows, Maclear und Johnson auf St. Helena.

[11] (S. 113.) Letronne a. a. O. p. 25 und Carteron, Analyse des recherches de Mr. Letronne sur les représentations zodiacales 1843. p. 119. „Il est très douteux qu'Eudoxe (Ol. 103) ait jamais employé le mont ζωδιακός. On le trouve pour la première fois dans Euclide et dans le Commentaire d'Hipparque sur Aratus (Ol. 160). Le nom d'écliptique, ἐκλειπτικός, est aussi for récent."

[12] (S. 113.) Auch Ideler und Lepsius halten für wahrscheinlich, „daß zwar die Kenntnis des chaldäischen Tierkreises sowohl der Einteilung als dem Namen nach bereits im 7. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung zu den Griechen gelangt, die Aufnahme aber der einzelnen Zodiakalbilder in die griechische astronomische Litteratur erst später und allmählich erfolgt sei". Ideler ist geneigt zu glauben, daß die Orientalen für die Dodekatomerie Namen ohne Sternbilder hatten; Lepsius hält es für die natürlichste Annahme, „daß die Griechen zu einer Zeit, wo ihre Sphäre größtenteils leer war, auch die chaldäischen Sternbilder, nach welchen die zwölf Abteilungen genannt waren, den ihrigen zugefügt haben". Könnte man aber nicht bei dieser Voraussetzung fragen, warum die Griechen anfangs nur elf Zeichen hatten, warum nicht alle zwölf der chaldäischen Dodekatomerie? Hätten sie zwölf Bilder überkommen, so würden sie doch wohl nicht eines weggeschnitten haben, um es später wieder zuzufügen.

[13] (S. 114.) Schon 1812, als ich auch noch der Meinung von einer sehr alten Bekanntschaft der Griechen mit dem Zeichen der Wage zugethan war, habe ich in einer sorgfältigen Arbeit, die ich über alle Stellen des griechischen und römischen Altertums geliefert, in welchen der Name der Wage als Zodiakalzeichens vorkommt, auf jene Stelle bei Hipparch, in welcher von dem Θηρίον die Rede ist, das der Centaur (an dem Vorderfuß) hält, wie auf die merkwürdige Stelle des Ptolemäus lib. IX. cap. 7 hingewiesen. In der letzteren wird die südliche Wage mit dem Beisatz κατὰ Χαλδαίους genannt und den Skorpionsscheren entgegengesetzt in einer Beobachtung, die gewiß nicht in Babylon, sondern von den in Syrien und Alexandrien zerstreuten astrologischen Chaldäern gemacht war. Buttmann wollte, was wenig wahrscheinlich ist, daß die χηλαί ursprünglich die beiden Schalen der Wage bedeutet hätten und später durch ein Mißverständnis in die Scheren eines Skorpions umgewandelt wurden. Auffallend bleibt es mir immer, bei der Analogie zwischen vielen Namen der 27 Mondhäuser und der Dodekatomerie des Tierkreises, daß unter den gewiß sehr alten indischen Natschatras (Mondhäusern) sich ebenfalls das Zeichen der Wage befindet.

[14] (S. 114.) Adolf Holtzmann über den griechischen Ursprung des indischen Tierkreises 1841, S. 9, 16 und 23. „Die aus dem Amarakoscha und Ramayana angeführten Stellen," heißt es in der letztgenannten Schrift, „sind von unzweifelhafter Auslegung, sie sprechen in den deutlichsten Ausdrücken vom Tierkreise selbst; aber wenn die Werke, in denen sie enthalten, früher verfaßt sind, als die Kunde des griechischen Tierkreises nach Indien gelangen konnte, so ist genau zu untersuchen, ob jene Stellen nicht jüngere Zusätze sind."

[15] (S. 114.) Bei Gelegenheit der förmlichen Unterhandlungen Lalandes mit Bode über die Einführung seiner Hausätze und

eines Entdeckers (Messier!) klagt Olbers darüber, daß „um für Friedrichs Ehre am Himmel Raum zu finden, die Andromeda ihren rechten Arm an eine andere Stelle legen mußte, als derselbe seit 3000 Jahren eingenommen hatte."

[16] (S. 115.) Plut. De plac. Phil. II. 11: Diog. Laert. VIII. 77; Achilles Tat. ad. Arat., cap. 5: Ἐμπ., κρυσταλλοῦν τοῦτον (τὸν οὐρανὸν) εἶναι φησιν. ἐκ τοῦ παχυτάτου συλλήβδην: ebenso findet sich nur der Ausdruck kristallartig bei Diog. und Galenus, Empedocles, Lactantius, De opificio Dei, c. 17: „an, si mihi quispiam dixerit *aereum* esse coelum, aut *vitreum*, aut, Empedocles ait, aërem *glaciatum*, statimne assentiar, quia coelum ex qua materia sit, ignorem?" Für dies coelum vitreum gibt es kein auf uns gekommenes frühes hellenisches Zeugnis; denn nur ein Himmelskörper, die Sonne, wird von Philolaus ein glasartiger Körper genannt, welcher die Strahlen vom Centralfeuer empfängt und uns zuwirft. (Die oben im Text bezeichnete Ansicht des Empedokles von Reflexion des Sonnenlichts durch den hagelartig geronnenen Mondkörper ist von Plutarch erwähnt apud Euseb. Praep. Evangel. I. p. 24 D und de facie in orbe Lunae cap. 5.) Wenn in Homer und Pindar der Uranos χάλκεος und σίδηρος heißt, so bezieht sich der Ausdruck, wie in dem ehernen Herzen und in der ehernen Stimme, nur auf das Feste, Dauernde, Unvergängliche. Das Wort κρύσταλλος, auf den eisartig durchsichtigen Bergkristall angewandt, findet sich wohl zuerst vor Plinius bei Dionysius Periegetes, Aelian und bei Strabo. Die Meinung, daß die Idee des kristallenen Himmels als Eisgewölbes (aër glaciatus des Lactantius) mit der den Alten durch Vergreisen und den Anblick von Schneebergen wohlbekannten Wärmeabnahme der Luftschichten von unten nach oben entstanden sei, wird dadurch widerlegt, daß man sich über der Grenze des eigentlichen Luftkreises den feurigen Aether und die Sterne an sich als warm dachte. — Bei Erwähnung der Himmelstöne, welche „nach den Pythagoreern die Menschen darum nicht vernehmen, weil sie kontinuierlich sind, und Töne nur vernommen werden, wenn sie durch Stillschweigen unterbrochen sind", behauptet Aristoteles sonderbar genug, daß die Bewegung der Sphären Wärme in der unter ihnen liegenden Luft erzeugt, ohne sich selbst zu erhitzen. Ihre Schwingungen bringen Wärme, keine Töne hervor. „Die Bewegung der Fixsternsphäre ist die schnellste, während diese Sphäre und die an sie geheften Körper im Kreise sich herumschwingen, wird immer der zunächst unten liegende Raum durch die Sphärenbewegung in Hitze gebracht, und es erzeugt sich die bis zur Erdoberfläche herab verbreitete Wärme." Auffallend ist es mir immer gewesen, daß der Stagirite stets das Wort Kristallhimmel vermeidet, da der Ausdruck: angeheftete Sterne, ἐνδεδεμένα ἄστρα, dessen er sich bedient, doch auf den allgemeinen Begriff fester Sphären hindeutet, ohne aber die Art der

Materie zu spezifizieren. Cicero selbst läßt sich über diese auch nicht vernehmen, aber in seinem Kommentator Macrobius findet man Spuren freierer Ideen über die mit der Höhe abnehmende Wärme. Nach ihm sind die äußersten Zonen des Himmels von ewiger Kälte heimgesucht. „Ita enim non solum terram sed ipsum quoque coelum, quod vere mundus vocatur, temperari a sole certissimum est, ut extremitates ejus, quae a via solis longissime recesserunt, omni careant beneficio caloris et una frigoris perpetuitate torpescant." Diese extremitates coeli, in welche der Bischof von Hippo eine Region eistalter Wasser, dem obersten und darum kältesten aller Planeten, Saturn, nahe, verlegte, sind immer noch der eigentliche Luftkreis; denn höher über dieser äußersten Grenze liegt erst, nach einer etwas früheren Aussage des Macrobius, der feurige Aether, welcher, rätselhaft genug, jener ewigen Kälte nicht hinderlich ist. „Stellae, supra coelum locatae, in ipso purissimo aethere sunt, in quo omne, quidquid est, lux naturalis et sua est (der Sitz selbstleuchtender Gestirne), quae tota cum igne suo ita sphaerae solis incumbit, ut coeli zonae, quae procul a sole sunt, perpetuo frigore oppressae sint." Wenn ich hier den physikalischen und meteorologischen Ideenzusammenhang bei Griechen und Römern so umständlich entwickele, so geschieht es nur, weil diese Gegenstände außer den Arbeiten von Ukert, Henri Martin und dem vortrefflichen Fragmente der Meteorologia veterum von Julius Ideler bisher so unvollständig und meist ungründlich behandelt worden sind.

[17] (S. 115.) Daß daß Feuer die Kraft habe, erstarren zu machen, daß die Eisbildung selbst durch Wärme befördert wird, sind tief eingewurzelte Meinungen in der Physik der Alten, die auf einer spielenden Theorie der Gegensätze (antiperistasis), auf dunkeln Begriffen der Polarität (auf einem Hervorrufen entgegengesetzter Qualitäten oder Zustände) beruhen. Hagel entsteht in um so größerer Masse, als die Luftschichten erwärmter sind. Beim Winterfischfang an der Küste des Pontus wird warmes Wasser angewandt, damit in der Nähe des eingepflanzten Rohres das Eis sich vermehre.

[18] (S. 116.) Kepler sagt ausdrücklich in Stella Martis. fol. 9: solidos orbes rejeci: in der Stella nova 1606. cap. 2. p. 8: planetae in puro aethere, perinde atque aves in aëre, cursus suos conficiunt. Früher war er aber der Meinung von einem festen, eisigen Himmelsgewölbe (orbis ex aqua factus gelu concreta propter solis absentiam) zugethan. Schon volle 2000 Jahre vor Kepler behauptete Empedokles, daß die Fixsterne am Kristallhimmel angeheftet, „die Planeten aber frei und losgelassen seien (τοὺς δὲ πλανήτας ἀνειμένους). Wie nach Plato im Timäus (nicht nach Aristoteles) die an feste Sphären gehefteten Fixsterne einzeln rotierend gedacht werden sollen, ist schwer zu begreifen.

[19] (S. 117.) „Les principales causes de la vue indistincte sont: aberration de sphéricité de l'oeil, diffraction sur les bords de la pupille, communication d'irritabilité à des points voisins sur la rétine. La vue confuse est celle où le foyer ne tombe pas exactement sur la rétine, mais tombe au devant ou derrière la rétine. Les queues des étoiles sont l'effet de la vision indistincte autant qu'elle dépend de la constitution du cristallin. D'après un très ancien mémoire de Hassenfratz (1809) .les queues au nombre de 4 ou 8 qu'offrent les étoiles ou une bougie vue à 25 mètres de distance, sont les caustiques du cristallin formées par l'intersection des rayons réfractés.' Ces caustiques se meuvent à mesure que nous inclinons la tête. — La propriété de la lunette de terminer l'image fait qu'elle concentre dans un petit espace la lumière qui sans cela en aurait occupé un plus grand. Cela est vrai pour les étoiles fixes et pour les disques des planètes. La lumière des étoiles qui n'ont pas de disques réels, conserve la même intensité, quel que soit le grossissement. Le fond de l'air duquel se détache l'étoile dans la lunette, devient plus noir par le grossissement, qui dilate les molécules de l'air qu'embrasse le champ de la lunette. Les planètes à vrais disques deviennent elles-mêmes plus pâles par cet effet de dilatation. — Quand la peinture focale est nette, quand les rayons partis d'*un point* de l'objet se sont concentrés en *un seul point* dans l'image, l'oculaire donne des résultats satisfaisants. Si au contraire les rayons émanés d'un point ne se réunissent pas au foyer en un seul point, s'ils y forment *un petit cercle*, les images de deux points contigus de l'objet empiètent nécessairement l'une sur l'autre; leurs rayons se confondent. Cette confusion la lentille oculaire ne saurait la faire disparaître. L'office qu'elle remplit exclusivement, c'est de grossir: elle grossit tout ce qui est dans l'image, les défauts comme le reste. Les étoiles n'ayant pas de diamètres angulaires sensibles, ceux qu'elles conservent toujours, tiennent pour la plus grande partie au manque de perfection des instrumens (à la courbure moins régulière donnée aux deux faces de la lentille objective) et à quelques défauts et aberrations de notre oeil. Plus une étoile semble petite, tout étant égal quand au diamètre de l'objectif, au grossissement employé et à l'éclat de l'étoile observée, et plus la lunette a de perfection. Or le meilleur moyen de juger si les étoiles sont très petites, si des points sont représentés au foyer par de simples points, c'est évidemment de viser à des étoiles excessivement rapprochées entr'elles et de voir si dans les étoiles doubles connues les images se confondent, si elles empiètent l'une sur l'autre, ou bien si on les aperçoit bien nettement séparées." (Arago, Handschr. von 1834 und 1847.)

[20] (S. 117.) Horapollinis Niloi Hieroglyphica. Der gelehrte Herausgeber (Leemans) erinnert aber gegen Jomard, daß der Stern als Zahlzeichen 5 bisher auf den Monumenten und Papyrusrollen noch nicht gefunden worden ist.

[21] (S. 117.) Auf spanischen Schiffen in der Südsee habe ich bei Matrosen den Glauben gefunden, daß man vor dem ersten Viertel das Alter des Mondes bestimmen könne, wenn man die Mondscheibe durch ein seidenes Gewebe betrachte und die Vervielfältigung der Bilder zähle; — ein Phänomen der Diffraktion durch feine Spalten.

[22] (S. 117.) Arago hat den falschen Durchmesser des Aldebaran im Fernrohr von 4″ bis 15″ wachsen machen, indem er das Objektiv verengte.

[23] (S. 118.) „Minute and very close companions, the severest tests which can be applied to a telescope": Outlines § 837. Unter den planetarischen Weltkörpern können zur Prüfung der Lichtstärke eines stark vergrößernden optischen Instrumentes dienen: der erste und vierte, von Lassel und Otto Struve 1847 wieder gesehene Uranustrabant; die beiden innersten und der siebente Saturnstrabant (Mimas, Enceladus und Bonds Hyperion); der von Lassell aufgefundene Neptunsmond. Das Eindringen in die Tiefen der Himmelsräume veranlaßt Bacon in einer beredten Stelle zum Lobe Galileis, dem er irrigerweise die Erfindung der Fernröhren zuschreibt, diese mit Schiffen zu vergleichen, welche die Menschen in einen unbekannten Ozean leiten, „ut propiora exercere possint cum coelestibus commercia".

[24] (S. 119.) „Der Ausdruck ὑπόκιρρος, dessen sich Ptolemäus in seinem Katalog für die sechs von ihm genannten Sterne gleichförmig bedient, bezeichnet einen geringen Grad des Ueberganges von feuergelb in feuerrot; er bedeutet also, genau zu sprechen, feuerrötlich. Den übrigen Fixsternen scheint er im allgemeinen das Prädikat ξανθός, feuergelb, zu geben. Κίρρος ist nach Galenus ein blasses Feuerrot, das in Gelb spielt. Gellius vergleicht das Wort mit melinus, was nach Servius so viel bedeutet als gilvus und fulvus. Da Sirius von Seneca röter als Mars genannt wird, und derselbe zu den Sternen gehört, welche im Almagest ὑπόκιρροι genannt werden, so bleibt kein Zweifel, daß das Wort das Vorherrschen oder wenigstens einen gewissen Anteil roter Strahlen andeutet. Die Behauptung, daß das Wort ποικίλος, welches Aratus v. 327 dem Sirius beilegt, von Cicero durch rutilus übersetzt worden sei, ist irrig. Cicero sagt allerdings v. 348:

> Namque pedes subter rutilo cum lumine claret
> Fervidus ille Canis stellarum luce refulgens;

allein rutile cum lumine ist nicht Uebersetzung des ποικίλος, sondern ein Zusatz des freien Uebersetzers." (Aus Briefen des Herrn

Professor Franz an mich.) „Si en substituant *rutilus*," sagt Arago, „au terme grec d'Aratus, l'orateur romain renonce à dessein à la fidélité, il faut supposer que lui-même avait reconnu les propriétés rutilantes de la lumière de Sirius."

[25] (S. 119.) Sir John Herschel im Edinb. Review. Vol. 87, 1848, p. 189: „It seems much more likely that in Sirius a red colour should be the effect of a medium interfered, than that in the short space of 2000 years so vast a body should have actually undergone such a material change in its physical constitution. It may be supposed the existence of some sort of *cosmical cloudiness*, subject to internal movements, depending on causes of which we are ignorant."

[26] (S. 120.) In Muhamedis Alfragani Chronologica et Astronomica elementa, ed. Jacobus Christmannus 1590, cap. 22, p. 97 heißt es: „stella ruffa in Tauro Aldebaran: stella ruffa *in Geminis* quae appellatur *Hajok*, hoc est Capra." Alhajoc, Aijuk sind aber im arabisch-lateinischen Almagest die gewöhnlichen Namen der Capella im Fuhrmann. Argelander bemerkt dazu mit Recht, daß Ptolemäus in dem echten, durch Stil und alte Zeugnisse bewährten, astrologischen Werke (τετράβιβλος σύνταξις) nach Aehnlichkeit der Farbe Planeten an Sterne knüpft und so Capella mit Martis stella, quae urit sicut congruit igneo ipsius colori, mit Aurigae stella verbindet. Auch Riccioli rechnet Capella neben Antares, Aldebaran und Arcturus zu den roten Sternen. [S. den Zusatz am Schlusse dieses Bandes.]

[27] (S. 120.) Die vollständige Einrichtung des ägyptischen Kalenders wird in die früheste Epoche des Jahres 3285 vor unserer Zeitrechnung, d. i. ungefähr anderthalb Jahrhunderte nach der Erbauung der großen Pyramide des Cheops-Chufu, und 940 Jahre vor der gewöhnlichen Angabe der Sintflut, gesetzt. In der Berechnung über den Umstand, daß die von Oberst Vyse gemessene Inklination des unterirdischen, in das Innere der Pyramide führenden, engen Ganges sehr nahe dem Winkel von 26° 15′ entspricht, welchen zu den Zeiten des Cheops (Chufu) der den Pol bezeichnende Stern α des Drachen in der unteren Kulmination zu Gizeh erreichte, ist die Epoche des Pyramidenbaues nicht, wie nach Lepsius im Kosmos, zu 3430, sondern zu 3970 vor Chr. angenommen. Dieser Unterschied von 540 Jahren widerstreitet um so weniger der Annahme, daß α Drac. für den Polarstern galt, als derselbe im Jahre 3970 noch 3° 44′ vom Pole abstand.

[28] (S. 120.) Aus freundschaftlichen Briefen des Professors Lepsius (Februar 1850) habe ich folgendes geschöpft: „Der ägyptische Name des Sirius ist Sothis, als ein weibliches Gestirn bezeichnet; daher griechisch ἡ Σῶθις identifiziert mit der Göttin Sote (hieroglyphisch öfters Sit) und im Tempel des großen Ramses in Theben mit Isis-Sothis. Die Bedeutung der Wurzel findet sich im Koptischen, und zwar mit einer zahlreichen Wortfamilie ver-

wandt, deren Glieder scheinbar weit auseinander gehen, sich aber folgendermaßen ordnen lassen. Durch dreifache Uebertragung der Verbalbedeutung erhält man aus der Urbedeutung auswerfen, projicere (sagittam, telum) erst säen, seminare: dann extendere, ausdehnen, ausbreiten (gesponnene Fäden); endlich, was hier am wichtigsten ist, Licht ausstrahlen und glänzen (von Sternen und Feuer). Auf diese Reihe der Begriffe lassen sich die Namen der Gottheiten Satis (die Schützin), Sothis (die Strahlende) und Seth (der Feurige) zurückführen. Hieroglyphisch lassen sich nachweisen: sit oder seti, der Pfeil wie auch der Strahl, seta, spinnen, setu, ausgestreute Körner. Sothis ist vorzugsweise das hellstrahlende, die Jahreszeiten und Zeitperioden regelnde Gestirn. Der kleine, immer gelb dargestellte Triangel, der ein symbolisches Zeichen der Sothis ist, wird, vielfach wiederholt und aneinander gereihet (in dreifachen Reihen, von der Sonnenscheibe abwärts ausgehend), zur Bezeichnung der strahlenden Sonne benutzt! Seth ist der Feuergott, der sengende, im Gegensatz der wärmenden, befruchtenden Nilflut, der die Saaten tränkenden weiblichen Gottheit Satis. Diese ist die Göttin der Katarakte, weil mit dem Erscheinen der Sothis am Himmel zur Zeit der Sommerwende das Anschwellen des Nils begann. Bei Vettius Valens wird der Stern selbst Σήθ statt Sothis genannt; keineswegs aber kann man, wie Ideler gethan hat, dem Namen oder der Sache nach auch Thoth mit Seth oder Sothis identifizieren."

Diesen Betrachtungen aus der ägyptischen Urzeit lasse ich die helleniſchen Zend- und Sanskritetymologieen folgen „Σείρ. die Sonne," sagt Professor Franz, „ist ein altes Stammwort, nur mundartlich verschieden von θερ. θέρος, die Hitze, der Sommer, wobei die Veränderung des Vokallautes wie in τείρος und τέρος oder τέρας hervortritt. Zum Beweis der Richtigkeit der angegebenen Verhältnisse der Stammwörter σειρ und θερ. θέρος dient nicht nur die Anwendung von θερείτατος bei Aratus v. 149, sondern auch der spätere Gebrauch der aus σειρ abgeleiteten Formen σειρός, σείριος, σειρινός. heiß, brennend. Es ist nämlich bezeichnend, daß σειρὰ oder σειρινὰ ἱμάτια ebenso gesagt wird wie θερινὰ ἱμάτια, leichte Sommerkleider. Ausgebreiteter aber sollte die Anwendung der Form σείριος werden; sie bildete das Beiwort aller Gestirne, welche Einfluß auf die Sommerhitze haben, daher nach der Ueberlieferung des Dichters Archilochus die Sonne σείριος ἀστήρ und Ibycus die Gestirne überhaupt σείρια, die leuchtenden, nennt. Daß in den Worten des Archilochus: πολλοὺς μὲν αὐτοῦ σείριος καταυανεῖ ὀξὺς ἐλλάμπων die Sonne wirklich gemeint ist, läßt sich nicht bezweifeln. Nach Hesychius und Suidas bedeutet allerdings Σείριος Sonne und Hundsstern zugleich); aber daß die Stelle des Hesiodus, wie Tzetzes und Proclus wollen, sich auf die Sonne und nicht auf den Hundsstern beziehe, ist mir ebenso gewiß als dem neuen Herausgeber des Theon aus Smyrna, Herrn Martin.

Von dem Adjektivum σείριος, welches sich als epitheton perpetuum des Hundssternes selbst festgesetzt hat, kommt das Verbum σειριᾶν, das durch funkeln übersetzt werden kann. Aratus, v. 331, sagt vom Sirius: ὀξέα σειριάει. er funkelt scharf. Eine ganz andere Etymologie hat das allein stehende Wort Σειρήν, die Sirene; und Ihre Vermutung, daß es wohl nur eine zufällige Klangähnlichkeit mit dem Leuchtstern Sirius habe, ist vollkommen begründet. Ganz irrig ist die Meinung derer, welche nach Theon Smyrnäus Σειρήν von σειριάζειν (einer übrigens auch unbeglaubigten Form für σειριᾶν) ableiten. Während daß in σείριος die Bewegung der Hitze und des Leuchtens zum Ausdruck kommt, liegt dem Worte Σειρήν eine Wurzel zum Grunde, welche den fließenden Ton des Naturphänomens darstellt. Es ist mir nämlich wahrscheinlich, daß Σειρήν mit εἴρειν (Plato, Cratyl. 389 D τὸ γὰρ εἴρειν λέγειν ἐστί) zusammenhängt, dessen ursprünglich scharfer Hauch in den Zischlaut überging." (Aus Briefen des Professor Franz an mich, Januar 1850.)

Das griechische Σείρ. die Sonne, läßt sich nach Bopp „leicht mit dem Sanskritworte svar vermitteln, das freilich nicht die Sonne, sondern den Himmel (als etwas Glänzendes bedeutet. Die gewöhnliche Sanskritbenennung der Sonne ist -ûrya. eine Zusammenziehung von svârya. das nicht vorkommt. Die Wurzel svar bedeutet im allgemeinen glänzen, leuchten Die zendische Benennung der Sonne ist hvare. mit h für s. Das griechische Θέρ. θέρος und θερμός kommt von dem Sanskritworte gharma (Nom. gharmas), Wärme, Hitze, her."

Der scharfsinnige Herausgeber des Rigveda, Max Müller, bemerkt, daß „der indische astronomische Name des Hundssternes vorzugsweise Lubdhaka ist, welches Jäger bedeutet, eine Bezeichnung, die, wenn man an den nahen Orion denkt, auf eine uralte gemeinschaftliche arische Anschauung dieser Sterngruppe hinzuweisen scheint." Er ist übrigens am meisten geneigt, „Σείριος von dem vedischen Worte sira (davon ein Adjektivum sairya) und der Wurzel sri. gehen, wandeln, abzuleiten, so daß die Sonne und der hellste der Sterne, Sirius, ursprünglich Wandelstern hießen."

[29] (S. 122.) Lepsius, Chronol. der Aegypter, Bd. I. S. 143. „Im hebräischen Texte werden genannt: Asch. der Riese (Orion?), das Vielgestirn (die Plejaden, Gemut?) und die Kammern des Südens. Die Siebzig übersetzen: ὁ ποιῶν Πλειάδα καὶ Ἕσπερον καὶ Ἄρκτοῦρον καὶ ταμεῖα νότου.

[30] (S. 122.) Martianus Capella verwandelt das Ptolemaeon in Ptolemaeus: beide Namen waren von den Schmeichlern am ägyptischen Königshofe ersonnen. Amerigo Vespucci glaubt drei Canopen gesehen zu haben, deren einer ganz dunkel (fosco) war; „Canopus ingens et niger", sagt die lateinische Uebersetzung, gewiß einer der schwarzen Kohlensäcke. In den oben angeführten Elem. Chronol. et Astron. von El-Fergani wird erzählt, daß die christlichen

Pilgrime den Sohel der Araber (Canopus) den Stern der heiligen Katharina zu nennen pflegen, weil sie die Freude haben, ihn zu sehen und als Leitstern zu bewundern, wenn sie von Gaza nach dem Berg Sinai wandern. In einer schönen Episode des ältesten Heldengedichtes der indischen Vorzeit, des Ramayana, werden die dem Südpol näheren Gestirne aus einem sonderbaren Grunde für neuer geschaffen erklärt, denn die nördlicheren. Als nämlich die von Nordwesten in die Gangesländer eingewanderten brahmanischen Indier von dem 30. Grade nördlicher Breite an weiter in die Tropenländer vordrangen und dort die Urbewohner unterjochten, sahen sie, gegen Ceylon vorschreitend, ihnen unbekannte Gestirne am Horizonte aufsteigen. Nach alter Sitte vereinigten sie dieselben zu neuen Sternbildern. Eine kühne Dichtung ließ die später erblickten Gestirne später erschaffen werden durch die Wunderkraft des Visvamitra. Dieser bedrohte „die alten Götter, mit seiner sternreicheren südlichen Hemisphäre die nördlichere zu überbieten". Wenn in dieser indischen Mythe das Erstaunen wandernder Völker über den Anblick neuer Himmelsgefilde sinnig bezeichnet wird (der berühmte spanische Dichter Garcilaso de la Vega sagt von den Reisenden: sie wechseln [gleichzeitig] Land und Sterne, mudan de pays y de estrellas), so wird man lebhaft an den Eindruck erinnert, welchen an einem bestimmten Punkte der Erde das Erscheinen (Aufsteigen am Horizont) bisher ungesehener großer Sterne, wie der in den Füßen des Centauren, im südlichen Kreuze, im Eridanus oder im Schiffe, und das völlige Verschwinden der lange heimatlichen auch in den rohesten Völkern erweckt haben muß. Die Fixsterne kommen zu uns und entfernen sich wieder durch das Vorrücken der Nachtgleichen. Wir haben an einem anderen Orte daran erinnert, daß das südliche Kreuz in unseren baltischen Ländern bereits 7° hoch am Horizonte leuchtete, 2900 Jahre vor unserer Zeitrechnung, also zu einer Zeit, wo die großen Pyramiden Aegyptens schon ein halbes Jahrtausend standen. „Canopus kann dagegen nie in Berlin sichtbar gewesen sein, da seine Distanz vom Südpol der Ekliptik nur 14° beträgt. Sie müßte 1° mehr betragen, um nur die Grenze der Sichtbarkeit für unseren Horizont zu erreichen."

[31] (S. 124.) Schwinck findet in seinen Karten RA. 0° bis 90° Sterne 2358, RA. 90° bis 180° Sterne 3011, RA. 180° bis 270° Sterne 2688, RA. 270° bis 360° Sterne 3591: Summe 12148 Sterne bis 7ᵐ.

[32] (S. 126.) „A stupendous object, a most magnificent *globular* cluster," sagt Sir John Herschel, „*completely insulated*, upon a ground of the sky perfectly *black* throughout the whole breadth of the sweep."

[33] (S. 127.) Die erste und einzige ganz vollständige Beschreibung der Milchstraße in beiden Hemisphären verdanken wir Sir John Herschel. In dem ganzen Abschnitt des Kosmos, welcher der Richtung, der Verzweigung und dem so verschieden artigen Inhalte der Milchstraße gewidmet ist, bin ich allein dem

obengenannten Astronomen und Physiker gefolgt. Es bedarf hier wohl kaum der Bemerkung, daß, um nicht dem Sicheren Unsicheres beizumengen, ich in der Beschreibung der Milchstraße nichts von dem benutzt habe, was ich, mit lichtschwachen Instrumenten ausgerüstet, über das so ungleichartige Licht der ganzen Zone während meines langen Aufenthaltes in der südlichen Hemisphäre in Tagebüchern niedergeschrieben hatte.

[34] (S. 127.) Die Vergleichung der geteilten Milchstraße mit einem Himmelsflusse hat die Araber veranlaßt, Teile der Konstellation des Schützen, dessen Bogen in eine sternreiche Region derselben fällt, das zur Tränke gehende Vieh zu nennen, ja den so wenig des Wassers bedürftigen Strauß darin zu finden.

[35] (S. 128.) „Stars standing on a clear black ground (Rapreife, p. 391). This remarkable belt (the milky way, when examined through powerful telescopes) is found (wonderful to relate!) *to consist entirely of stars scattered by millions*, like glittering dust, on the *black ground* of the general heavens." (Outlines p. 182, 537 und 539.)

[36] (S. 128.) „*Globular clusters*, except in one region of small extent (between 16^h 45′, and 19^h in R.A.), and *nebulae of regular elliptic forms* are comparatively rare in the Milky Way, and are found congregated in the greatest abundance in a part of the heavens the most remote possible from that circle." Outlines p. 614. Schon Huygens war seit 1656 auf den Mangel alles Nebels und aller Nebelflecke in der Milchstraße aufmerksam. In derselben Stelle, in welcher er die erste Entdeckung und Abbildung des großen Nebelfleckes in dem Gürtel des Orion durch einen 28füßigen Refraktor (1656) erwähnt, sagt er (wie ich schon oben im zweiten Bande des Kosmos, S. 349, bemerkt): viam lacteam perspicillis inspectam nullas habere nebulas; die Milchstraße sei wie alles, was man für Nebelsterne halte, ein großer Sternhaufen. Die Stelle ist abgedruckt in Hugenii Opera varia 1724, p. 540.

[37] (S. 129.) „Intervals absolutely dark *and completely void of any star* of the smallest telescopic magnitude." Outlines p. 536.

[38] (S. 129.) „No region of the heavens is fuller of objects, beautiful and remarkable in themselves, and rendered still more so by their mode of association and by the peculiar features assumed by the Milky Way, which are without a parallel in any other part of its course." (Rapreife p. 386.) Dieser so lebendige Ausspruch von Sir John Herschel stimmt ganz mit den Eindrücken überein, die ich selbst empfangen. Kapitan Jacob (Bombay Engineer) sagt von der Lichtintensität der Milchstraße in der Nähe des südlichen Kreuzes mit treffender Wahrheit: „Such is the general blaze of starlight near the Cross from that part of the sky, that a person is immediately made

aware of its having risen above the horizon, though he should not be at the time looking at the heavens, by the increase of general illumination of the atmosphere, resembling the effect of the young moon."

[39] (S. 130.) Die Beschreibung des Ptolemäus ist in einzelnen Teilen vortrefflich, besonders verglichen mit der Behandlung der Milchstraße in Aristot. Meteorol. lib. I, p. 29 und 34 nach Idelers Ausgabe.

[40] (S. 131.) Auch zwischen α und γ der Kassiopeia ist ein auffallend dunkler Flecken dem Kontraste der leuchtenden Umgebung zugeschrieben.

[41] (S. 131.) Einen Auszug aus dem so seltenen Werke des Thomas Wright von Durham (Theory of the Universe, London 1750) hat Morgan gegeben in dem Philos. Magazine Ser. III, No. 32, p. 241. Thomas Wright, auf dessen Bestrebungen Kants und William Herschels sinnreiche Spekulationen über die Gestaltung unserer Sternschicht die Aufmerksamkeit der Astronomen seit dem Anfang dieses Jahrhunderts so bleibend geheftet haben, beobachtete selbst nur mit einem Reflektor von einem Fuß Fokallänge.

[42] (S. 131.) Eine bestimmte Gesetzmäßigkeit in der Verteilung, sowohl der Sterne erster Größe als auch der kleineren Fixsterne, ist neuerdings wieder von P. Angelo Secchi erkannt worden. — [D. Herausg.]

[43] (S. 132.) Outlines p. 536. Auf der nächstfolgenden Seite heißt es über denselben Gegenstand: „In such cases it is equally impossible not to perceive that we are looking *through* a sheet of stars of no great thickness compared with the distance which separates them from us."

[44] (S. 132.) Struve, Études stell. p. 63. Bisweilen erreichen die größten Fernröhren einen solchen Raum der Himmelsluft, in welchem das Dasein einer in weiter Ferne aufglimmenden Sternschicht sich nur durch ein „getüpfeltes, gleichsam lichtgeflecktes" Ansehen verkündigt (by an uniform dotting or stippling of the field of view). S. in der Kapreise, p. 390, den Abschnitt: „On some indications of very remote telescopic branches of the Milky Way, or of an independent sidereal System, or Systems, bearing a resemblance to such branches."

[45] (S. 132.) „I think," sagt Sir John Herschel, „it is impossible to view this splendid zone from α *Centauri* to the Cross without an impression amounting almost to conviction, that the milky way is not a mere stratum, but annular; or at least that our system is placed within one of the poorer or almost vacant parts of its general mass, and that eccentrically, so as to be much nearer to the region about the Cross than to that diametrically opposite to it."

IV.

Neu erscheinende und verschwindende Sterne. — Veränderliche Sterne in gemessenen, wiederkehrenden Perioden. — Intensitätsveränderungen des Lichtes in Gebieten, bei denen die Periodizität noch unerforscht ist.

Neue Sterne. — Das Erscheinen vorher nicht gesehener Sterne an der Himmelsdecke, besonders wenn es ein plötzliches Erscheinen von hell funkelnden Sternen erster Größe ist, hat von jeher als eine Begebenheit in den Weltenräumen Erstaunen erregt. Es ist dies Erstaunen um so größer, als eine solche Naturbegebenheit, ein auf einmal Sichtbarwerden dessen, was vorher sich unserem Blicke entzog, aber deshalb doch als vorhanden gedacht wird, zu den allerseltensten Erscheinungen gehört. In den drei Jahrhunderten von 1500 bis 1800 sind 42 den Bewohnern der nördlichen Hemisphäre mit unbewaffnetem Auge sichtbare Kometen erschienen, also im Durchschnitt in hundert Jahren vierzehn, während für dieselben drei Jahrhunderte nur acht neue Sterne beobachtet wurden. Die Seltenheit der letzteren wird noch auffallender, wenn man größere Perioden umfaßt. Von der in der Geschichte der Astronomie wichtigen Epoche der Vollendung der Alfonsinischen Tafeln an bis zum Zeitalter von William Herschel, von 1252 bis 1800, zählt man der sichtbaren Kometen ungefähr 60, der neuen Sterne wieder nur 9; also für die Zeit, in welcher man in europäischen Kulturländern auf eine ziemlich genaue Aufzählung rechnen kann, ergibt sich das Verhältnis der neuen Sterne zu den ebenfalls mit bloßen Augen sichtbaren Kometen wie 1 zu 7. Wir werden bald zeigen, daß, wenn man die nach den Berichtnissen des Ma-tuan-lin in China beobachteten neu erschienenen Sterne sorgfältig von den sich schweifen bewegenden Kometen trennt und bis ungefähr 2000 Jahre vor unserer Zeitrechnung hinauf

steigt, in fast 2000 Jahren in allem kaum 20 bis 22 solcher Erscheinungen mit einiger Sicherheit aufgeführt werden können.[1]

Ehe wir zu allgemeinen Betrachtungen übergehen, scheint es mir am geeignetsten, durch die Erzählung eines Augenzeugen und bei einem einzelnen Beispiele verweilend, die Lebendigkeit des Eindrucks zu schildern, welchen der Anblick eines neuen Sternes hervorbringt. Als ich, sagt Tycho Brahe, von meinen Reisen in Deutschland nach den dänischen Inseln zurückkehrte, verweilte ich (ut aulicae vitae fastidium lenirem) in dem anmutig gelegenen ehemaligen Kloster Herritzwadt bei meinem Onkel Steno Bille, und hatte die Gewohnheit, erst am Abend mein chemisches Laboratorium zu verlassen. Da ich nun im Freien nach gewohnter Weise den Blick auf das mir wohlbekannte Himmelsgewölbe richtete, sah ich mit nicht zu beschreibendem Erstaunen nahe am Zenith in der Kassiopeia einen strahlenden Fixstern von nie gesehener Größe. In der Aufregung glaubte ich meinen Sinnen nicht trauen zu können. Um mich zu überzeugen, daß es keine Täuschung sei und um das Zeugnis anderer einzusammeln, holte ich meine Arbeiter aus dem Laboratorium und befragte alle vorbeifahrenden Landleute, ob sie den plötzlich auflodernden Stern ebenso sähen als ich. Später habe ich erfahren, daß in Deutschland Fuhrleute und „anderes gemeines Volk" die Astronomen erst auf die große Erscheinung am Himmel aufmerksam machten, „was dann (wie bei den nicht vorher angekündigten Kometen) die gewohnten Schmähungen auf gelehrte Männer erneuerte".

„Den neuen Stern," fährt Tycho fort, „fand ich ohne Schweif, von keinem Nebel umgeben, allen anderen Fixsternen völlig gleich, nur noch stärker funkelnd als Sterne erster Größe. Sein Lichtglanz übertraf den des Sirius, der Leier und des Jupiter. Man konnte ihn nur der Helligkeit der Venus gleich setzen, wenn sie der Erde am nächsten steht (wo dann nur ihr vierter Teil erleuchtet ist). Menschen, die mit scharfen Augen begabt sind, erkannten bei heiterer Luft den neuen Stern bei Tage selbst in der Mittagsstunde. Zur Nachtzeit, bei bedecktem Himmel, wenn alle anderen Sterne verschleiert waren, wurde er mehrmals durch Wolken von mäßiger Dicke (nubes non admodum densas) gesehen. Abstände von anderen nahen Sternen der Kassiopeia, die ich im ganzen folgenden Jahre mit vieler Sorgfalt maß, überzeugten mich von seiner völligen Unbeweglichkeit. Bereits im Dezember 1572 fing die Licht-

stärke an abzunehmen, der Stern wurde dem Jupiter gleich; im Januar 1573 war er minder hell als Jupiter. Fortgesetzte photometrische Schätzungen gaben: für Februar und März Gleichheit mit Sternen erster Ordnung (stellarum affixarum primi honoris; denn Tycho scheint den Ausdruck des Manilius, stellae fixae, nie gebrauchen zu wollen), für April und Mai Lichtglanz von Sternen 2., für Juli und August 3., für Oktober und November 4. Größe. Gegen den Monat November war der neue Stern nicht heller als der 11. im unteren Teil der Stuhllehne der Kassiopeia. Der Uebergang zur 5. und 6. Größe fand vom Dezember 1573 bis Februar 1574 statt. Im folgenden Monat verschwand der neue Stern, nachdem er 17 Monate lang geleuchtet, spurlos für das bloße Auge." (Das Fernrohr wurde erst 37 Jahre später erfunden.)

Der allmähliche Verlust der Leuchtkraft des Sternes war dazu überaus regelmäßig, ohne (wie bei η Argûs, einem freilich nicht neu zu nennenden Sterne, in unseren Tagen der Fall ist) durch mehrmalige Perioden des Wiederaufloderns, durch eine Wiedervermehrung der Lichtstärke unterbrochen zu werden. Wie die Helligkeit, so veränderte sich auch die Farbe, was später zu vielen irrigen Schlüssen über die Geschwindigkeit farbiger Strahlen auf ihrem Wege durch die Weiträume Anlaß gegeben hat. Bei seinem ersten Erscheinen, solange er den Lichtglanz der Venus und des Jupiter hatte, war er zwei Monate lang weiß, dann ging er durch die gelbe Farbe in die rote über. Im Frühjahr 1573 vergleicht ihn Tycho mit Mars, dann findet er ihn fast mit der rechten Schulter des Orion (mit Beteigeuze) vergleichbar. Am meisten glich seine Farbe der roten Färbung des Aldebaran. Im Frühjahr 1573, besonders im Mai, kehrte die weißliche Farbe zurück (albedinem quandam sublividam induebat, qualis Saturni stellae subesse videtur). So blieb er im Januar 1574 fünfter Größe und weiß, doch mit einer mehr getrübten Weiße und im Verhältnis zur Lichtschwäche auffallend stark funkelnd, bis zum allmählichen völligen Verschwinden im Monat März 1574.

Die Umständlichkeit dieser Angaben beweist schon den Einfluß, welchen das Naturphänomen in einer für die Astronomie so glänzenden Epoche auf Anregung der wichtigsten Fragen ausüben mußte. Da (trotz der oben geschilderten allgemeinen Seltenheit der neuen Sterne) Erscheinungen derselben Art sich, zufällig in den kurzen Zeitraum von 32 Jahren

zusammengedrängt, für europäische Astronomen dreimal wiederholten, so wurde die Anregung um so lebhafter. Man erkannte mehr und mehr die Wichtigkeit der Sternkataloge, um der Neuheit des auflodernden Gestirns gewiß zu sein, man diskutierte die Periodizität [3] (das Wiedererscheinen nach vielen Jahrhunderten); ja Tycho stellt kühn eine Theorie über die Bildungs- und Gestaltungsprozesse der Sterne aus kosmischem Nebel auf, welche viel Analogie mit der des großen William Herschel hat. Er glaubt, daß der dunstförmige, in seiner Verdichtung leuchtende Himmelsstoff sich zu Fixsternen balle: Caeli materiam tenuissimam, ubique nostro visui et Planetarum circuitibus perviam, in unum globum condensatam, stellam effingere. Dieser überall verbreitete Himmelsstoff habe schon eine gewisse Verdichtung in der Milchstraße, die in einem milden Silberlichte aufdämmere. Deshalb stehe der neue Stern, wie die, welche in den Jahren 945 und 1264 aufloderten, am Rande der Milchstraße selbst (quo factum est quod nova stella in ipso Galaxiae margine constiterit); man glaube sogar noch die Stelle (die Oeffnung, hiatus) zu erkennen, wo der neblige Himmelsstoff der Milchstraße entzogen worden sei.[4] Alles dies erinnert an den Uebergang des kosmischen Nebels in Sternschwärme, an die haufenbildende Kraft, an die Konzentration zu einem Centralkern, an die Hypothesen über die stufenweise Entwickelung des Starren aus dem dunstförmig Flüssigen, welche im Anfange des 19. Jahrhunderts zur Geltung kamen, jetzt aber, nach ewig wechselnden Schwankungen in der Gedankenwelt, vielfach neuem Zweifel unterworfen werden.

Zu den neu erschienenen kurzzeitigen Sternen (temporary stars) kann man mit ungleicher Gewißheit folgende rechnen, die ich nach den Epochen des ersten Aufloderns geordnet habe:

a) 134 vor Chr. im Skorpion,
b) 123 nach Chr. im Ophiuchus,
c) 173 im Centaur,
d) 369?
e) 386 im Schützen,
f) 389 im Adler,
g) 393 im Skorpion,
h) 827? im Skorpion,
i) 945 zwischen Cepheus und Kassiopeia,
k) 1012 im Widder,

l) 1203 im Skorpion,
m) 1230 im Ophiuchus,
n) 1264 zwischen Cepheus und Kassiopeia,
o) 1572 in der Kassiopeia,
p) 1578,
q) 1584 im Skorpion,
r) 1600 im Schwan,
s) 1604 im Ophiuchus,
t) 1609,
u) 1670 im Fuchs,
v) 1848 im Ophiuchus.

Erläuterungen.

a) Erste Erscheinung, Juli 134, vor dem Anfang unserer Zeitrechnung. Aus chinesischen Verzeichnissen des Ma-tuan-lin, deren Bearbeitung wir dem Sprachgelehrten Eduard Biot verdanken (Connaissance des temps pour l'an 1846, p. 61), zwischen ξ und ρ des Skorpions. Unter den außerordentlichen, fremdartig aussehenden Gestirnen dieser Verzeichnisse, welche auch Gaststerne (étoiles hôtes, ke-sing, gleichsam Fremdlinge von sonderbarer Physiognomie) genannt und von den mit Schweifen versehenen Kometen durch die Beobachter selbst gesondert worden sind, finden sich allerdings unbewegliche neue Sterne mit einigen ungeschwänzten fortschreitenden Kometen vermischt; aber in der Angabe der Bewegung (Ke-sing von 1092, 1181 und 1458) und in der Nichtangabe der Bewegung, wie in dem gelegentlichen Zusatz: „der Ke-sing löste sich auf" (und verschwand), liegt ein wichtiges, wenngleich nicht untrügliches Kriterium. Auch ist hier an das so schwache, nie funkelnde, mildstrahlende Licht des Kopfes aller geschweiften und ungeschweiften Kometen zu erinnern, während die Lichtintensität der chinesischen sogenannten außerordentlichen (fremdartigen) Sterne mit der der Venus verglichen wird, was auf die Kometennatur überhaupt und insbesondere auf die der ungeschweiften Kometen gar nicht paßt. Der unter der alten Dynastie Han (134 vor Chr.) erschienene Stern könnte, wie Sir John Herschel bemerkt, der neue Stern des Hipparch sein, welcher nach der Aussage des Plinius ihn zu seinem Sternverzeichnis veranlaßt haben soll. Delambre nennt die Angabe zweimal eine Fabel, „une historiette" (Hist. de l'Astr. anc. T. I, p. 290 und Hist. de l'Astr. mod. T. I, p. 186). Da nach des Ptolemäus ausdrücklicher Aussage (Almag. VII, 2, p. 13 Halma) Hipparchs Verzeichnis an das Jahr 128 vor unserer Zeitrechnung geknüpft ist und Hipparch (wie ich schon an einem anderen Orte gesagt) in Rhodos und vielleicht auch in Alexandrien zwischen den Jahren 162 und 127 vor Chr. beobachtete, so steht der Konjektur

nichts entgegen; es ist sehr denkbar, daß der große Astronom von Nicäa viel früher beobachtete, ehe er auf den Vorsatz geleitet wurde, einen wirklichen Katalog anzufertigen. Des Plinius Ausdruck „suo aevo genita" bezieht sich auf die ganze Lebenszeit. Als der Tychonische Stern 1572 erschien, wurde viel über die Frage gestritten, ob Hipparchs Stern zu den neuen Sternen, oder zu den Kometen ohne Schweif gerechnet werden sollte. Tycho war der ersten Meinung (Progymn. p. 319—325). Die Worte „ejusque *motu* ad dubitationem adductus" könnten allerdings auf einen schwach- oder ungeschweiften Kometen leiten, aber die rhetorische Sprache des Plinius erlaubt jegliche Unbestimmtheit des Ausdrucks.

b) Eine chinesische Angabe. Im Dezember 123 nach dem Anfang unserer Zeitrechnung zwischen α Herc. und α Ophiuchi: Ed. Biot aus Ma-tuan-lin. (Auch unter Hadrian um das Jahr 130 soll ein neuer Stern erschienen sein.)

c) Ein sonderbarer, sehr großer Stern; wieder aus dem Ma-tuan-lin, wie die nächstfolgenden drei. Es erschien derselbe am 10. Dezember 173 zwischen α und β des Centauren, und verschwand nach acht Monaten, als er nacheinander die fünf Farben gezeigt. Eduard Biot sagt in seiner Uebersetzung successivement. Ein solcher Ausdruck würde fast auf eine Reihe von Färbungen wie im oben beschriebenen Tychonischen neuen Sterne leiten; aber Sir John Herschel hält ihn richtiger für die Bezeichnung eines farbigen Funkelns (Outlines p. 540), wie Arago einen fast ähnlichen Ausdruck Keplers, für den neuen Stern (1604) im Schlangenträger gebraucht, auf gleiche Weise deutet (Annuaire pour 1842. p. 347).

d) Dauer des Leuchtens vom März bis August im Jahre 369.

e) Zwischen λ und φ des Schützen. Im chinesischen Verzeichnis ist diesmal noch ausdrücklich bemerkt, „wo der Stern verblieb (d. h. ohne Bewegung) von April bis Juli 386".

f) Ein neuer Stern nahe bei α des Adlers, auflodernd mit der Helligkeit der Venus zur Zeit des Kaisers Honorius im Jahre 389, wie Cuspinianus, der ihn selbst gesehen, erzählt. Er verschwand spurlos drei Wochen später.[5]

g) März 393, wieder im Skorpion und zwar im Schwanze dieses Gestirns; aus Ma-tuan-lins Verzeichnis.

h) Das Jahr 827 ist zweifelhaft; sicherer ist die Epoche der ersten Hälfte des 9. Jahrhunderts, in welcher unter der Regierung des Kalifen Al-Mamun die beiden berühmten arabischen Astronomen Haly und Giafar Ben-Mohammed Albumazar zu Babylon einen neuen Stern beobachteten, „dessen Licht dem des Mondes in seinen Vierteln geglichen" haben soll! Diese Naturbegebenheit fand wieder statt im Skorpion. Der Stern verschwand schon nach einem Zeitraum von vier Monaten.

i) Die Erscheinung dieses Sternes, welcher unter dem Kaiser Otto dem Großen im Jahre 945 aufgestrahlt sein soll, wie die des

Sternes von 1264, beruhen auf dem alleinigen Zeugnis des böhmischen Astronomen Cyprianus Leovitius, der seine Nachrichten aus einer handschriftlichen Chronik geschöpft zu haben versichert und der darauf aufmerksam macht, daß beide Erscheinungen (in den Jahren 945 und 1264) zwischen den Konstellationen des Cepheus und der Kassiopeia, der Milchstraße ganz nahe, ebenda stattgefunden haben, wo 1572 der Tychonische Stern erschien. Tycho (Progymn. p. 331 und 709) verteidigt die Glaubwürdigkeit des Cyprianus Leovitius gegen Pontanus und Camerarius, welche eine Verwechselung mit langgeschweiften Kometen vermuteten.

k) Nach dem Zeugnis des Mönchs von St. Gallen Hepidannus (der im Jahre 1088 starb und dessen Annalen vom Jahre 709 bis 1044 nach Chr. gehen) wurde 1012 am südlichsten Himmel im Zeichen des Widders vom Ende des Monats Mai an drei Monate lang ein neuer Stern von ungewöhnlicher Größe und einem Glanze, der die Augen blendete (oculos verberans), gesehen. Er schien auf wunderbare Weise bald größer, bald kleiner; zuweilen sah man ihn auch gar nicht. „Nova stella apparuit insolitae magnitudinis, aspectu fulgurans, et oculos verberans non sine terrore. Quae mirum in modum aliquando contractior, aliquando diffusior, etiam extinguebatur interdum. Visa est autem per tres menses in intimis finibus Austri, ultra omnia signa quae videntur in coelo." (S. Hepidanni annales breves in Duchesne, Historiae Francorum Scriptores T. III. 1641, p. 477; vergl. auch Schnurrer, Chronik der Seuchen, T. I, S. 201). Der von Duchesne und Goldast benutzten Handschrift, welche die Erscheinung unter das Jahr 1012 stellt, hat jedoch die neuere historische Kritik eine andere Handschrift vorgezogen, welche viele Abweichungen in den Jahrzahlen gegen jene, namentlich um 6 Jahre rückwärts, zeigt. Sie setzt die Erscheinung des Sternes in das Jahr 1006 (S. Annales Sangallenses majores in Pertz, Monumenta Germaniae historica. Scriptorum T. I. 1826. p. 81). Auch die Autorschaft des Hepidannus ist durch neue Forschungen zweifelhaft geworden. Jenes sonderbare Phänomen der Veränderlichkeit nennt Chladni den Brand und die Zerstörung eines Fixsternes. Hind (Notices of the Astron. Soc. Vol. VIII, 1848, p. 156) vermutet, daß der Stern des Hepidannus identisch sei mit einem neuen Stern, welchen Ma-tuan-lin als in China im Februar 1011 im Schützen zwischen τ und φ gesehen verzeichnet. Aber dann müßte sich Ma tuan-lin nicht bloß in dem Jahre, sondern auch in der Angabe der Konstellation geirrt haben, in welcher der Stern erschien.

l) Ende Juli 1203 im Schwanz des Storpions. Nach dem chinesischen Verzeichnis „ein neuer Stern von weißbläulicher Farbe ohne allen leuchtenden Nebel, dem Saturn ähnlich". (Edouard Biot in der Connaissance des temps pour 1846, p. 68.)

m) Wieder eine chinesische Beobachtung aus Ma tuan-lin, dessen astronomische Verzeichnisse, mit genauer Angabe der Position der Kometen und Fixsterne, bis 613 Jahre vor Chr., also bis zu den Zeiten des Thales und der Expedition des Coläus von Samos, hinaufsteigen. Der neue Stern erschien Mitte Dezembers 1230 zwischen Ophiuchus und der Schlange. Er löste sich auf Ende März 1231.

n) Es ist der Stern, dessen Erscheinung der böhmische Astronom Cyprianus Leovitius gedenkt (s. oben bei dem neunten Sterne im Jahre 945). Zu derselben Zeit (Juli 1264) erschien ein großer Komet, dessen Schweif den halben Himmel einnahm und welcher eben deshalb nicht mit einem zwischen Cepheus und Kassiopeia neu aufblodernden Sterne hat verwechselt werden können.

o) Der Tychonische Stern vom 11. November 1572 im Thronsessel der Kassiopeia; RA. 3° 26′, Dekl. 63° 3′ (für 1800).

p) Februar 1578, aus Ma-tuan-lin. Die Konstellation ist nicht angegeben; aber die Intensität des Lichtes und die Strahlung müssen außerordentlich gewesen sein, da das chinesische Verzeichnis den Beisatz darbietet: „ein Stern groß wie die Sonne"!

q) Am 1. Juli 1584, unweit π des Skorpions; eine chinesische Beobachtung.

r) Der Stern 34 Cygni nach Bayer. Wilhelm Janson, der ausgezeichnete Geograph, welcher eine Zeitlang mit Tycho beobachtet hatte, heftete zuerst seine Aufmerksamkeit auf den neuen Stern in der Brust des Schwans am Anfange des Halses, wie eine Inschrift seines Sternglobus bezeugt. Kepler, durch Reisen und Mangel von Instrumenten nach Tychos Tode gehindert, fing erst zwei Jahre später an, ihn zu beobachten, ja er erhielt erst damals (was um so mehr Verwunderung erregt, als der Stern 3. Größe war) Nachricht von seiner Existenz. „Cum mense Majo anni 1602." sagt er, „primum litteris monerer de novo Cygni phaenomeno . . . ." (Kepler, De Stella nova tertii honoris in Cygno 1606. angehängt dem Werke De Stella nova in serpent., p. 152, 154, 164 und 167.) In Keplers Abhandlung wird nirgends gesagt (wie man in neueren Schriften oft angeführt findet), daß der Stern im Schwan bei seinem ersten Erscheinen 1. Größe gewesen sei. Kepler nennt ihn sogar parva Cygni stella und bezeichnet ihn überall als 3. Ordnung. Er bestimmt seine Position in RA. 300° 46′, Dekl. 36° 52′ (also für 1800: RA. 302° 36′, Dekl. + 37° 27′). Der Stern nahm an Helligkeit besonders seit 1619 ab und verschwand 1621. Dominique Cassini (s. Jacques Cassini, Élémens d'Astr. p. 69) sah ihn wiederum zu 3. Größe gelangen 1655 und dann verschwinden; Hevel beobachtete ihn wieder im November 1665, anfangs sehr klein, dann größer, doch ohne je die 3. Größe wieder zu erreichen. Zwischen 1677 und 1682 war er schon nur noch 6. Größe, und als solcher blieb er am Himmel. Sir John

Herschel führt ihn auf in der Liste der veränderlichen Sterne, nicht so Argelander.

s) Nächst dem Stern in der Kassiopeia von 1572 ist der berühmteste geworden der neue Stern des Schlangenträgers von 1604 (AR. 259° 42′ und südl. Dekl. 21° 15′ für 1800). An jeden derselben knüpft sich ein großer Name. Der Stern im rechten Fuß des Schlangenträgers wurde zuerst nicht von Kepler selbst, sondern von seinem Schüler, dem Böhmen Johann Brunowski, am 10. Oktober 1604, „größer als alle Sterne 1. Ordnung, größer als Jupiter und Saturn, doch weniger groß als Venus", gesehen. Herlicius will ihn schon am 27. September beobachtet haben. Seine Helligkeit stand der des Tychonischen Sternes von 1572 nach, auch wurde er nicht wie dieser bei Tage erkannt; seine Scintillation war aber um vieles stärker und erregte besonders das Erstaunen aller Beobachter. Da das Funkeln immer mit Farbenzerstreuung verbunden ist, so wird viel von seinem farbigen, stets wechselnden Lichte gesprochen. Arago (Annuaire pour 1834. p. 299 bis 301 und Ann. pour 1842. p. 345 bis 347) hat schon darauf aufmerksam gemacht, daß der Keplersche Stern keineswegs, wie der Tychonische, nach langen Zwischenräumen eine andere, gelbe, rote und dann wieder weiße Färbung annahm. Kepler sagt bestimmt, daß sein Stern, sobald er sich über die Erddünste erhob, weiß war. Wenn er von den Farben der Iris spricht, so ist es, um das farbige Funkeln deutlich zu machen: „Exemplo adamantis multanguli, qui Solis radios inter convertendum ad spectantium oculos variabili fulgore revibraret, colores Iridis (stella nova in Ophiucho) successive vibratu *continuo* reciprocabat." (De nova Stella Serpent. p. 5 und 125). Im Anfang des Januars 1605 war der Stern noch heller als Antares, aber von geringerer Lichtstärke als Arcturus. Ende März desselben Jahres wird er als 3. Größe beschrieben. Die Nähe der Sonne hinderte alle Beobachtungen vier Monate lang. Zwischen Februar und März 1806 verschwand er spurlos. Die ungenauen Beobachtungen über die „großen Positionsveränderungen des neuen Sterns" von Scipio Claramontius und dem Geographen Blaeu (Blaew) verdienen, wie schon Jacques Cassini (Élémens d'Astr. p. 65) bemerkt, kaum einer Erwähnung, da sie durch Keplers sicherere Arbeit widerlegt sind. Die chinesischen Verzeichnisse von Ma-tuan-lin führen eine Erscheinung an, die mit dem Auflodern des neuen Sterns im Schlangenträger der Zeit und der Position nach einige Aehnlichkeit zeigt. Am 30. September 1604 sah man in China unfern π des Skorpions einen rotgelben („kugelgroßen"?) Stern. Er leuchtete in Südwest bis November desselben Jahres, wo er unsichtbar wurde. Er erschien wieder den 14. Januar 1605 in Südost, verdunkelte sich aber ein wenig im März 1606. (Connaissanse des temps pour 1846. p. 59.) Die Oertlichkeit π des Skorpions kann leicht mit dem Fuß des Schlangenträgers ver-

wechselt werden, aber die Ausdrücke Südwest und Südost, das Wiedererscheinen, und der Umstand, daß kein endliches völliges Verschwinden angekündigt wird, lassen Zweifel über die Identität.

t) Auch ein neuer Stern von ansehnlicher Größe, in Südwest gesehen, aus Ma-tuan-lin. Es fehlen alle näheren Bestimmungen.

u) Der vom Kartäuser Anthelme am 26. Juni des Jahres 1670 am Kopfe des Fuchses (RA. 294° 27′, Dekl. 26° 47′) ziemlich nahe bei ζ des Schwans entdeckte neue Stern. Er war bei seinem ersten Aufstrahlen nicht 1., sondern nur 3. Größe, und sank am 10. August schon bis zur 5. Größe herab. Er verschwand nach drei Monaten, zeigte sich aber wieder den 17. März 1671 und zwar in 4. Größe. Dominique Cassini beobachtete ihn fleißig im April 1671 und fand seine Helligkeit sehr veränderlich. Der neue Stern sollte ungefähr nach zehn Monaten zu demselben Glanze zurückkehren, aber man suchte ihn vergebens im Februar 1622. Er erschien erst den 29. März desselben Jahres, doch nur in 6. Größe, und wurde seitdem nie wieder gesehen. (Jacques Cassini, Elémens d'Astr. p. 69 bis 71). Diese Erscheinungen trieben Dominique Cassini zum Aufsuchen vorher (von ihm!) nicht gesehener Sterne an. Er behauptet deren 14 aufgefunden zu haben, und zwar 4., 5. und 6. Größe (acht in der Kassiopeia, zwei im Eridanus und vier nahe dem Nordpole). Bei dem Mangel der Angaben einzelner Oertlichkeiten können sie, da sie ohnedies, wie die zwischen 1694 und 1709 von Maraldi aufgefundenen, mehr als zweifelhaft sind, hier nicht aufgeführt werden. (Jacques Cassini, Elém. d'Astron. p. 73 bis 77: Delambre, Hist. de l'Astron. mod. T. II, p. 780).

v) Seit dem Erscheinen des neuen Sternes im Fuchse vergingen 178 Jahre, ohne daß ein ähnliches Phänomen sich dargeboten hätte, obgleich in diesem langen Zeitraume der Himmel am sorgfältigsten durchmustert wurde, bei fleißigerem Gebrauch von Fernröhren und bei Vergleichung mit genaueren Sternkatalogen. Erst am 28. April 1848 machte Hind auf der Privatsternwarte von Bishop (South Villa, Regents Park) die wichtige Entdeckung eines neuen rötlich-gelben Sternes 5. Größe in dem Schlangenträger: RA. 16^h 50′ 59″, südl. Dekl. 12° 39′ 16″ für 1848. Bei keinem anderen neu erschienenen Stern ist die Neuheit der Erscheinung und die Unveränderlichkeit seiner Position mit mehr Genauigkeit erwiesen worden. Er ist jetzt (1850) kaum 11^m, und nach Lichtenbergers fleißiger Beobachtung wahrscheinlich dem Verschwinden nahe. (Notices of the Astr. Soc. Vol. VIII. p. 146 und 155 bis 158.)

Die vorliegende Zusammenstellung der seit 2000 Jahren neu erschienenen und wieder verschwundenen Sterne ist vielleicht etwas vollständiger als die, welche bisher gegeben worden sind. Sie berechtigt zu einigen allgemeinen Betrachtungen.

Man unterscheidet dreierlei: neue Sterne, die plötzlich aufstrahlen und in mehr oder weniger langer Zeit verschwinden, Sterne, deren Helle einer periodischen, schon jetzt bestimmbaren Veränderlichkeit unterliegt, und Sterne, die, wie η Argus, auf einmal einen ungewöhnlich wachsenden und unbestimmt wechselnden Lichtglanz zeigen. Alle drei Erscheinungen sind wahrscheinlich ihrer inneren Natur nach nahe miteinander verwandt. Der neue Stern im Schwan (1600), welcher nach dem völligen Verschwinden (freilich für das unbewaffnete Auge!) wieder erschien und ein Stern 6. Größe verblieb, leitet uns auf die Verwandtschaft der beiden ersten Arten der Himmelserscheinungen. Den berühmten Tychonischen Stern in der Kassiopeia (1572) glaubte man schon in der Zeit, als er noch leuchtete, für identisch mit den neuen Sternen von 945 und 1264 halten zu dürfen. Die dreihundertjährige Periode, welche Goodricke vermutete (die partiellen Abstände der numerisch vielleicht nicht sehr sicheren Erscheinungen sind 319 und 308 Jahre!), wurde von Keill und Pigott auf 150 Jahre reduziert. Arago hat gezeigt, wie unwahrscheinlich es sei, daß Tychos Stern (1572) unter die Zahl der periodisch veränderlichen gehöre. Nichts scheint bisher zu berechtigen, alle neu erschienenen Sterne für veränderlich, und zwar in langen, uns wegen ihrer Länge unbekannt gebliebenen Perioden, zu halten. Ist z. B. das Selbstleuchten aller Sonnen des Firmaments Folge eines elektromagnetischen Prozesses in ihren Photosphären, so kann man sich (ohne lokale und temporäre Verdichtungen der Himmelsluft oder ein Dazwischentreten sogenannter kosmischer Gewölke anzunehmen) diesen Lichtprozeß als mannigfaltig verschieden, einmalig oder periodisch, regelmäßig oder unregelmäßig wiederkehrend, denken. Die elektrischen Lichtprozesse unseres Erdkörpers, als Gewitter im Luftkreise oder als Polarausströmungen sich darstellend, zeigen neben vieler unregelmäßig scheinenden Veränderlichkeit doch oft ebenfalls eine gewisse von Jahreszeiten und Tagesstunden abhängige Periodizität. Dieselbe ist sogar oft mehrere Tage hintereinander, bei ganz heiterer Luft, in der Bildung kleinen Gewölkes an bestimmten Stellen des Himmels bemerkbar, wie die oft vereitelten Kulminationsbeobachtungen von Sternen beweisen.

Eine besondere und zu beachtende Eigentümlichkeit scheint mir der Umstand zu sein, daß fast alle mit einer ungeheuren Lichtstärke, als Sterne 1. Größe und selbst stärker funkelnd

wie diese, auflodern und daß man sie, wenigstens für das bloße Auge, nicht allmählich an Helligkeit zunehmen sieht. Kepler war auf dieses Kriterium so aufmerksam, daß er das eitle Vorgeben des Antonius Laurentinus Politianus, den Stern im Schlangenträger (1604) früher als Brunowski gesehen zu haben, auch dadurch widerlegte, daß Laurentinus sagt: „apparuit nova Stella parva, et postea de die in diem crescendo apparuit lumine non multo inferior Venere, superior Jove.“ Fast ausnahmsweise erkennt man nur 3 Sterne, die nicht in 1. Größe aufstrahlten, nämlich die Sterne 3. Ordnung im Schwan (1600) und im Fuchse (1670), und Hinds neuen Stern 5. Ordnung im Schlangenträger (1848).

Es ist sehr zu bedauern, daß seit Erfindung des Fernrohrs, wie schon oben bemerkt, in dem langen Zeitraume von 178 Jahren, nur 2 neue Sterne gesehen wurden, während daß bisweilen die Erscheinungen sich so zusammendrängten, daß am Ende des 4. Jahrhunderts in 24 Jahren 4, im 13. Jahrhundert in 61 Jahren 3, am Ende des 16. und im Anfang des 17. Jahrhunderts, in der Tycho-Keplerschen Periode, in 37 Jahren 6 beobachtet wurden. Ich nehme in diesen Zahlenverhältnissen immer Rücksicht auf die chinesischen Beobachtungen *außerordentlicher* Sterne, deren größerer Teil nach dem Ausspruch der ausgezeichnetsten Astronomen Vertrauen verdient. Warum unter den in Europa gesehenen Sternen vielleicht der Keplersche im Schlangenträger (1604), nicht aber der Tychonische in der Kassiopeia (1572) in Ma-tuan-lins Verzeichnissen aufgeführt ist, weiß ich ebensowenig einzeln zu erklären, als warum im 16. Jahrhundert z. B. über die große in China gesehene Lichterscheinung vom Februar 1578 von europäischen Beobachtern nichts berichtet wird. Der Unterschied der Länge (114°) könnte nur in wenigen Fällen die Unsichtbarkeit erklären. Wer je mit ähnlichen Untersuchungen beschäftigt gewesen ist, weiß, daß das Nichtanführen von politischen oder Naturbegebenheiten, auf der Erde und am Himmel, nicht immer ein Beweis der Nichtexistenz solcher Begebenheiten ist, und wenn man die drei verschiedenen chinesischen im Ma-tuan-lin enthaltenen Sternverzeichnisse miteinander vergleicht, so findet man auch Kometen (z. B. die von 1385 und 1495) in dem einen Verzeichnis aufgeführt, welche in dem anderen fehlen.

Schon ältere Astronomen, Tycho und Kepler, haben, wie neuere, Sir John Herschel und Hind, darauf aufmerksam

gemacht, daß bei weitem die Mehrzahl aller in Europa und China beschriebenen neuen Sterne (ich finde 13) sich in der Nähe der Milchstraße oder in dieser selbst gezeigt haben. Ist, was den ringförmigen Sternschichten der Milchstraße ein so mildes Nebellicht gibt, wie mehr als wahrscheinlich ist, ein bloßes Aggregat teleskopischer Sternchen, so fällt Tychos oben erwähnte Hypothese von der Bildung neu auflodernder Fixsterne aus sich ballendem verdichteten dunstförmigen Himmelsstoff über den Haufen. Was in gedrängten Sternschichten und Sternschwärmen, falls sie um gewisse centrale Kerne rotieren, die Anziehungskräfte vermögen, ist hier nicht zu bestimmen und gehört in den mythischen Teil der Astrognosie. Unter 21 in der vorstehenden Liste aufgeführten neu erschienenen Sternen sind 5 (134, 393, 827, 1203, 1584) im Skorpion, 3 in der Kassiopeia und dem Cepheus (945, 1264, 1572), 4 im Schlangenträger (123, 1230, 1604, 1848) aufgestrahlt; aber auch sehr fern von der Milchstraße ist einmal (1012) im Widder ein neuer Stern gesehen worden (der Stern des Mönchs von St. Gallen). Kepler selbst, der den von Fabricius 1596 am Halse des Walfisches als auflodernd beschriebenen und im Oktober desselben Jahres für ihn verschwundenen Stern für einen neuen hielt, gibt diese Position ebenfalls für einen Gegengrund an (Kepler, De Stella nova Serp. p. 112). Darf man aus der Frequenz des Aufloderns in denselben Konstellationen folgern, daß in gewissen Richtungen des Weltraums, z. B. in denen, in welchen wir die Sterne des Skorpions und der Kassiopeia sehen, die Bedingungen des Aufstrahlens durch örtliche Verhältnisse besonders begünstigt werden? Liegen nach diesen Richtungen hin vorzugsweise solche Gestirne, welche zu explosiven, kurzzeitigen Lichtprozessen geeignet sind?

Die Dauer des Leuchtens neuer Sterne ist die kürzeste gewesen in den Jahren 389, 827 und 1012. In dem ersten der genannten Jahre war sie 3 Wochen, in dem zweiten 4, in dem dritten 3 Monate. Dagegen hat des Tycho Stern in der Kassiopeia 17 Monate lang geleuchtet, Keplers Stern im Schwan (1600) volle 21 Jahre bis zu seinem Verschwinden. Er erschien wieder 1655 und zwar, wie beim ersten Auflodern, in 3. Größe, um bis zu 6. zu schwinden, ohne nach Argelanders Beobachtungen in die Klasse periodisch veränderlicher Sterne zu treten.

Verschwundene Sterne. — Die Beachtung und Auf-

zählung der sogenannten verschwundenen Sterne ist von Wichtigkeit für das Aufsuchen der großen Zahl kleiner Planeten, die wahrscheinlicherweise zu unserem Sonnensystem gehören, aber trotz der Genauigkeit der neuen Positionsverzeichnisse teleskopischer Fixsterne und der neuen Sternkarten ist die Ueberzeugung der Gewißheit, daß ein Stern an dem Himmel wirklich seit einer bestimmten Epoche verschwunden ist, doch nur bei großer Sorgfalt zu erlangen. Beobachtungs-, Reduktions- und Druckfehler" entstellen oft die besten Kataloge. Das Verschwinden der Weltkörper an den Orten, wo man sie ehemals bestimmt gesehen, kann so gut die Folge eigener Bewegung als eine solche Schwächung des Lichtprozesses auf der Oberfläche oder in der Photosphäre sein, daß die Lichtwellen unser Sehorgan nicht mehr hinlänglich anregen. Was wir nicht mehr sehen, ist darum nicht untergegangen. Die Idee der Zerstörung, des Ausbrennens von unsichtbar werdenden Sternen gehört der Tychonischen Zeit an. Auch Plinius fragt in der schönen Stelle über Hipparch: „Stellae an obirent nascerenturve." Der ewige scheinbare Wellwechsel des Werdens und Vergehens ist nicht Vernichtung, sondern Uebergang der Stoffe in neue Formen, in Mischungen, die neue Prozesse bedingen. Dunkele Weltkörper können durch einen erneuerten Lichtprozeß plötzlich wieder aufstrahlen.

Periodisch veränderliche Sterne. — Da an der Himmelsdecke sich alles bewegt, alles dem Raum und der Zeit nach veränderlich ist, so wird man durch Analogieen zu der Vermutung geleitet, daß, wie die Fixsterne insgesamt eine ihnen eigentümliche, nicht etwa bloß scheinbare, Bewegung haben, ebenso allgemein die Oberfläche oder die leuchtende Atmosphäre derselben Veränderungen erleiden, welche bei der größeren Zahl dieser Weltkörper in überaus langen und daher ungemessenen, vielleicht unbestimmbaren, Perioden wiederkehren; bei wenigen, ohne periodisch zu sein, wie durch eine plötzliche Revolution, auf bald längere, bald kürzere Zeit eintreten. Die letztere Klasse von Erscheinungen, von der in unseren Tagen ein großer Stern im Schiffe ein merkwürdiges Beispiel darbietet, wird hier, wo nur von veränderlichen Sternen in schon erforschten und gemessenen Perioden die Rede ist, nicht behandelt. Es ist wichtig, drei große siderale Naturphänomene, deren Zusammenhang noch nicht erkannt worden ist, voneinander zu trennen, nämlich veränderliche Sterne von bekannter Periodizität, Auflodern

von sogenannten neuen Sternen, und plötzliche Lichtveränderung von längst bekannten, vormals in gleichförmiger Intensität leuchtender Fixsternen. Wir verweilen zuerst ausschließlich bei der ersten Form der Veränderlichkeit, wovon das am frühesten genau beobachtete Beispiel (1638) durch Mira Ceti, einen Stern am Halse des Walfisches, dargeboten ward. Der ostfriesische Pfarrer David Fabricius, der Vater des Entdeckers der Sonnenflecken, hatte allerdings schon 1596 den Stern am 13. August als einen 3. Größe beobachtet und im Oktober desselben Jahres verschwinden sehen. Den alternierend wiederkehrenden Lichtwechsel, die periodische Veränderlichkeit entdeckte erst 42 Jahre später ein Professor von Franeker, Johann Phocylides Holwarda. Dieser Entdeckung folgte in demselben Jahrhundert noch die zweier anderer vaterländischer Sterne, β Persei (1669), von Montanari und χ Cygni (1687), von Kirch beschrieben.

Unregelmäßigkeiten, welche man in den Perioden bemerkte, und die vermehrte Zahl der Sterne derselben Klasse haben seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts das Interesse für diese so komplizierte Gruppe von Erscheinungen auf das lebhafteste angeregt. Bei der Schwierigkeit des Gegenstandes und bei meinem Streben, in diesem Werke die numerischen Elemente der Veränderlichkeit, als die wichtigste Frucht aller Beobachtung, so darlegen zu können, wie sie in dem dermaligen Zustande der Wissenschaft erforscht sind, habe ich die freundliche Hilfe des Astronomen in Anspruch genommen, welcher sich unter unseren Zeitgenossen mit der angestrengtesten Thätigkeit und dem glänzendsten Erfolge dem Studium der periodisch veränderlichen Sterne gewidmet hat. Die Zweifel und Fragen, zu denen mich meine eigene Arbeit veranlaßte, habe ich meinem gütigen Freunde Argelander, Direktor der Sternwarte zu Bonn, vertrauensvoll vorgelegt, und seinen handschriftlichen Mitteilungen allein verdanke ich, was hier folgt und großenteils auf anderen Wegen noch nicht veröffentlicht worden ist.

Die Mehrzahl der veränderlichen Sterne ist allerdings rot oder rötlich, keineswegs aber sind es alle. So z. B. haben ein weißes Licht, außer β Persei (Algol am Medusenhaupte), auch β Lyrae und ε Aurigae. Etwas gelblich ist η Aquilae und in noch geringerem Grade ζ Geminorum. Die ältere Behauptung, daß einige veränderliche Sterne, besonders Mira Ceti, beim Abnehmen röter seien als beim Zu-

nehmen der Helligkeit, scheint ungegründet. Ob in dem Doppelstern α Herculis, in welchem der große Stern von Sir William Herschel rot, von Struve gelb, der Begleiter dunkelblau genannt wird; dieser kleine Begleiter, zu 5ᵐ bis 7ᵐ geschätzt, selbst auch veränderlich ist, scheint sehr problematisch. Struve[7] selbst sagt auch nur: suspicor minorem esse variabilem. Veränderlichkeit ist keineswegs an die rote Farbe gebunden. Es gibt viele rote Sterne, zum Teil sehr rote, wie Arcturus und Aldebaran, an denen noch keine Veränderlichkeit bisher wahrgenommen worden ist. Dieselbe ist auch mehr als zweifelhaft in einem Stern des Cepheus (Nr. 7582 des Katalogs der britischen Assoziation), welchen wegen seiner außerordentlichen Röte William Herschel 1782 den Granatstern genannt hat.

Die Zahl der periodisch veränderlichen Sterne ist schon deshalb schwierig anzugeben, weil die bereits ermittelten Perioden von sehr ungleicher Unsicherheit sind. Die zwei veränderlichen Sterne des Pegasus, sowie α Hydrae, ε Aurigae, α Cassiopeae haben nicht die Sicherheit von Mira Ceti, Algol und δ Cephei. Bei der Aufzählung in einer Tabelle kommt es also darauf an, mit welchem Grade der Gewißheit man sich begnügen wolle. Argelander zählt, wie in seiner am Ende dieser Untersuchung abgedruckten Uebersichtstafel zu ersehen ist, der befriedigend bestimmten Perioden nur 24 auf.[8]

Wie das Phänomen der Veränderlichkeit sich bei roten und einigen weißen Sternen findet, so bieten es auch Sterne von den verschiedensten Größenordnungen dar: z. B. ein Stern 1ᵐ α Orionis; 2ᵐ Mira Ceti, α Hydrae, α Cassiopeae, β Pegasi: 2.3ᵐ β Persei: 3.4ᵐ η Aquilae und β Lyrae. Es gibt aber zugleich auch, und in weit größerer Menge, veränderliche Sterne 6ᵐ bis 9ᵐ, wie die variabiles Coronae, Virginis, Cancri und Aquarii. Der Stern χ im Schwan hat ebenfalls im Maximum sehr große Schwankungen.

Daß die Perioden der veränderlichen Sterne sehr unregelmäßig sind, war längst bekannt; aber daß diese Veränderlichkeit in ihrer scheinbaren Unregelmäßigkeit bestimmten Gesetzen unterworfen ist, hat Argelander zuerst ergründet. Er hofft es in einer eigenen, größeren Abhandlung umständlicher erweisen zu können. Bei χ Cygni hält er jetzt zwei Perturbationen in der Periode, die eine von 100, die andere von 8½ Einzelperioden, für wahrscheinlicher als eine von 108. Ob solche Störungen in Veränderungen des Lichtprozesses,

welcher in der Atmosphäre des Sternes vorgeht, gegründet sind, oder in der Umlaufszeit eines um die Fixsternsonne γ Cygni kreisenden, auf die Gestalt jener Photosphäre durch Anziehung wirkenden Planeten, bleibt freilich noch ungewiß. Die größten Unregelmäßigkeiten in der Veränderung der Intensität bietet sicherlich variabilis Scuti (des Sobieskischen Schildes) dar, da dieser Stern bisweilen von 5.4^m bis zu 9^m herabsinkt, ja nach Pigott am Ende des vorigen Jahrhunderts einmal ganz verschwunden sein soll. Zu anderen Zeiten sind seine Schwankungen in der Helligkeit nur zwischen 6.5^m und 6^m gewesen. Im Maximum hat γ Cygni zwischen 6.7^m und 4^m, Mira zwischen 4^m und 2.1^m geschwankt. Dagegen zeigt δ Cephei eine außerordentliche, ja von allen veränderlichen die größte Regelmäßigkeit in der Länge der Perioden, wie 87 zwischen dem 10. Oktober 1840 und 8. Januar 1848 und noch später beobachtete Minima erwiesen haben. Bei ε Aurigae geht die von einem unermüdlichen Beobachter, Herrn Heis in Aachen, aufgefundene Veränderung der Lichthelle nur von 3.4^m bis 4.5^m.

Große Unterschiede der Helligkeit im Maximum zeigt Mira Ceti. Im Jahre 1779 z. B. war (6. November) Mira nur wenig schwächer als Aldebaran gewesen, gar nicht selten heller, als Sterne 2^m, während dieser veränderliche Stern zu anderen Zeiten nicht die Intensität (4^m) von δ Ceti erreichte. Seine mittlere Helligkeit ist gleich der von γ Ceti (3^m). Wenn man die Helligkeit der schwächsten dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne mit 0, die des Aldebaran mit 50 bezeichnet, so hat Mira in ihrem Maximum zwischen 20 und 47 geschwankt. Ihre wahrscheinliche Helligkeit ist durch 30 auszudrücken, sie bleibt öfter unter dieser Grenze, als sie dieselbe übersteigt. Die Uebersteigungen sind aber, wenn sie eintreten, dem Grade nach bedeutender. Eine entschiedene Periode dieser Oszillationen ist noch nicht entdeckt, aber es gibt Andeutungen von einer 40jährigen und einer 160jährigen Periode.

Die Dauer der Perioden der Lichtveränderung variiert nach der Verschiedenheit der Sterne wie 1:250. Die kürzeste Periode bietet unstreitig ζ Persei dar, von 68 Stunden 49 Minuten; wenn sich nicht die des Polaris von weniger als 2 Tagen bestätigen sollte. Auf ζ Persei folgen zunächst δ Cephei (5 T. 8 St. 49 Min.), η Aquilae (7 T. 4 St. 14 Min.) und ζ Geminorum (10 T. 3 St. 35 Min.). Die längste Dauer der Lichtveränderung haben: 30 Hydrae Hevelii

von 495 Tagen, χ Cygni von 406 T., variabilis Aquarii von 388 T., Serpentis S von 367 T. und Mira Ceti von 332 T. Bei mehreren veränderlichen ist es ganz entschieden, daß sie geschwinder zu- als abnehmen; am auffallendsten zeigt sich diese Erscheinung bei δ Cephei. Andere brauchen gleiche Zeit zum Zu- und Abnehmen (z. B. ζ Lyrae). Bisweilen erkennt man sogar in diesem Verhältnis eine Verschiedenheit bei denselben Sternen, aber in verschiedenen Epochen ihrer Lichtprozesse. Mira Ceti nimmt in der Regel (wie δ Cephei) rascher zu als ab; doch ist bei Mira auch schon das Entgegengesetzte beobachtet worden.

Was Perioden von Perioden betrifft, so zeigen sich solche mit Bestimmtheit bei Algol, bei Mira Ceti, bei ζ Lyrae und mit vieler Wahrscheinlichkeit bei χ Cygni. Die Abnahme der Periode von Algol ist jetzt unbezweifelt. Goodricke hat dieselbe nicht gefunden, wohl aber Argelander, als er im Jahre 1842 über 100 sichere Beobachtungen vergleichen konnte, von denen die äußersten über 58 Jahre (7600 Perioden umfassend) voneinander entfernt waren (Schumachers astron. Nachr. Nr. 472 und 624). Die Abnahme der Dauer wird immer bemerkbarer.[9] Für die Perioden des Maximums von Mira (das von Fabricius 1596 beobachtete Maximum der Helligkeit mit eingerechnet) hat Argelander eine Formel[10] aufgestellt, aus welcher alle Maxima sich so ergeben, daß der wahrscheinliche Fehler, bei einer langen Periode der Veränderlichkeit von 331 T. 8 St., im Mittel nicht 7 Tage übersteigt, während bei Annahme einer gleichförmigen Periode er 15 Tage sein würde.

Das doppelte Maximum und Minimum von ζ Lyrae in jeder fast 13tägigen Periode hat schon der Entdecker Goodricke (1784) sehr richtig erkannt; es ist aber durch die neuesten Beobachtungen noch mehr außer Zweifel gesetzt worden. Merkwürdig ist es, daß der Stern in beiden Maximis dieselbe Helligkeit erlangt, aber in dem Hauptminimum wird er um eine halbe Größe schwächer als in dem anderen. Seit der Entdeckung der Veränderlichkeit von ζ Lyrae ist die Periode in der Periode wahrscheinlich immer länger geworden. Anfangs war die Veränderlichkeit rascher, dann wurde sie allmählich langsamer, und diese Zunahme der Langsamkeit fand ihre Grenze zwischen den Jahren 1840 und 1844. In dieser Zeit blieb die Dauer ungefähr dieselbe, jetzt ist sie bestimmt wieder im Abnehmen begriffen. Etwas Aehnliches wie

das doppelte Maximum von ζ Lyrae zeigt sich bei δ Cephei; es ist insofern eine Hinneigung zu einem zweiten Maximum, als die Lichtabnahme nicht gleichförmig fortschreitet, sondern nachdem sie anfangs ziemlich rasch gewesen ist, nach einiger Zeit ein Stillstand oder wenigstens eine sehr unbedeutende Abnahme in der Helligkeit eintritt, bis die Abnahme auf einmal wieder rascher wird. Es ist, als wenn bei einigen Sternen das Licht gehindert werde, sich völlig zu einem zweiten Maximum zu erheben. In χ Cygni walten sehr wahrscheinlich, wie (S. 165) gesagt, zwei Perioden der Veränderlichkeit, eine größere von 100 und eine kleinere von $8^1/_2$ Einzelperioden.

Die Frage, ob im ganzen mehr Regelmäßigkeit bei veränderlichen Sternen von sehr kurzen als von sehr langen Perioden herrsche, ist schwer zu beantworten. Die Abweichungen von einer gleichförmigen Periode können nur relativ genommen werden, d. h. in Teilen dieser Periode selbst. Um bei langen Perioden zu beginnen, müssen χ Cygni, Mira Ceti und 30 Hydrae zuerst betrachtet werden. Bei χ Cygni gehen die Abweichungen von der Periode (406,0634 T.), welche in der Voraussetzung einer gleichförmigen Veränderlichkeit am wahrscheinlichsten ist, bis auf 39,4 T. Wenn auch von diesen ein Teil den Beobachtungsfehlern zugeschrieben wird, so bleiben gewiß noch 29 bis 30 Tage, d. i. $^1/_{14}$ der ganzen Periode. Bei Mira Ceti,[11] in einer Periode von 331,340 T., gehen die Abweichungen auf 5,55 T.; sie gehen so weit, selbst wenn man die Beobachtung von David Fabricius unberücksichtigt läßt. Beschränkt man die Schätzung wegen der Beobachtungsfehler auf 40 Tage, so erhält man $^1/_8$, also im Vergleich mit χ Cygni eine fast doppelt große Abweichung. Bei 30 Hydrae, welche eine Periode von 495 Tagen hat, ist dieselbe gewiß noch größer, vielleicht $^1/_6$. Die veränderlichen Sterne mit sehr kurzen Perioden sind erst seit wenigen Jahren (seit 1840 und noch später) anhaltend und mit gehöriger Genauigkeit beobachtet worden, so daß, auf sie angewandt, das hier behandelte Problem noch schwerer zu lösen ist. Es scheinen jedoch nach den bisherigen Erfahrungen weniger große Abweichungen sich darzubieten. Bei η Aquilae (Periode 7 T. 4 St.) sind sie nur auf $^1/_{16}$ oder $^1/_{17}$ der ganzen Periode, bei ζ Lyrae (Periode 12 T. 21 St.) auf $^1/_{25}$ oder $^1/_{30}$ gestiegen; aber diese Untersuchung ist bisher noch vielen Ungewißheiten unterworfen bei Vergleichung kurzer und langer Perioden. Von

ζ Lyrae sind 1700 bis 1800 Perioden beobachtet, von Mira Ceti 279, von χ Cygni gar nur 145.

Die angeregte Frage, ob Sterne, die lange in regelmäßigen Perioden sich veränderlich gezeigt haben, aufhören es zu sein, scheint verneint werden zu müssen. So wie es unter den fortwährend veränderlichen Sternen solche gibt, welche zuweilen eine sehr starke, zuweilen eine sehr schwache Veränderlichkeit zeigen (z. B. variabilis Scuti), so scheint es auch andere zu geben, deren Veränderlichkeit zu gewissen Zeiten so gering ist, daß wir sie mit unseren beschränkten Mitteln nicht wahrzunehmen vermögen. Dahin gehört variabilis Coronae bor. (Nr. 5236 im Katalog der British Association), von Pigott als veränderlich erkannt und eine Zeitlang beobachtet. Im Winter 1795/96 ward der Stern völlig unsichtbar; später erschien er wieder und seine Lichtveränderungen wurden von Koch beobachtet. Harding und Westphal fanden seine Helligkeit 1817 fast ganz konstant, bis 1824 wieder Olbers seinen Lichtwechsel beobachten konnte. Die Konstanz trat nun wieder ein und wurde vom August 1843 bis September 1845 von Argelander ergründet. Ende September fing eine neue Abnahme an. Im Oktober war der Stern im Kometensucher nicht mehr sichtbar, erschien wieder im Februar 1846 und erreichte anfangs Juni seine gewöhnliche 6. Größe. Er hat sie seitdem behalten, wenn man kleine und nicht sehr sichere Schwankungen abrechnet. Zu dieser rätselhaften Klasse von Sternen gehört auch variabilis Aquarii, und vielleicht Janssons und Keplers Stern im Schwan von 1600, dessen wir bereits unter den neu erschienenen Sternen gedacht haben.

Tabelle über die veränderlichen Sterne von Fr. Argelander.

Nr.	Bezeichnung des Sterns	Dauer der Periode T.	St	Min.	Helligkeit im Maximum Größe	Gr.	Minim. Gr	Gr	Name des Entdeckers und Zeit der Entdeckung
1	o Ceti	331	20	—	4 bis	2.1	0		Holwarda
2	β Persei	2	20	49		2.3	4		Montanari
3	χ Cygni	406	1	30	6.7 bis	4	0		Gottfr. Kirch
4	30 Hydrae Hev.	495	—	—	5 „	4	0		Maraldi
5	Leonis R. 420 M.	312	18	—		5	0		Koch
6	η Aquilae	7	4	14		3.4	5.4		E. Pigott
7	β Lyrae	12	21	45		3.4	4.5		Goodricke
8	δ Cephei	5	8	49		4.3	5.4		Goodricke
9	α Herculis	66	8	—		3	3.4		Wilh. Herschel
10	Coronae R	323	—	—		6	0		E. Pigott
11	Scuti R	71	17	—	6.5 bis	5.4	9 bis	6	E. Pigott
12	Virginis R	145	21	—	7 „	6.7	0		Harding
13	Aquarii R	388	13	—	9 „	6.7	0		Harding
14	Serpentis R	359	—	—		6.7	0		Harding
15	Serpentis S	367	5	—	8 „	7.8	0		Harding
16	Cancri R	380	—	—		7	0		Schwerd
17	α Cassiopeae	79	3	—		2	3.2		Birt
18	α Orionis	196	0	—		1	1.2		John Herschel
19	α Hydrae	55	—	—		2	2.3		John Herschel
20	ε Aurigae	?				3.4	4.5		Heis
21	ζ Geminorum	10	3	35		4.3	5.4		Schmidt
22	β Pegasi	40	23	—		2	2.3		Schmidt
23	Pegasi R	350	—	—		8	0		Hind
24	Cancri S	?				7.8	0		Hind

Bemerkungen.

Die 0 in der Kolumne für das Minimum bedeutet, daß der Stern zur Zeit desselben schwächer als 10. Größe ist. Um die kleineren veränderlichen Sterne, die meistens weder Namen noch sonstige Bezeichnungen haben, einfach und bequem angeben zu können, habe ich mir erlaubt, ihnen Buchstaben beizulegen, und zwar, da die griechischen und kleinen lateinischen zum großen Teile schon von Bayer gebraucht worden sind, die des großen Alphabets.

Außer den in der Tabelle aufgeführten gibt es fast noch ebenso viele Sterne, die der Veränderlichkeit verdächtig sind, indem sie von verschiedenen Beobachtern mit verschiedenen Größen an-

geführt werden. Da diese Schätzungen aber nur gelegentliche und nicht mit großer Schärfe ausgeführt waren, auch verschiedene Astronomen verschiedene Grundsätze beim Schätzen der Größen haben, so scheint es sicherer, solche Fälle nicht zu berücksichtigen, bis derselbe Beobachter zu verschiedenen Zeiten entschiedene Veränderlichkeit gefunden hat. Bei allen in der Tafel angegebenen ist dies der Fall; und ihr periodischer Lichtwechsel ist sicher, auch wo die Periode selbst noch nicht hat bestimmt werden können. Die angegebenen Perioden beruhen zum größten Teil auf eigenen Untersuchungen sämtlicher bekannt gewordener älterer und meiner über zehn Jahre umfassenden, noch ungedruckten Beobachtungen. Ausnahmen werden in den folgenden Notizen über die einzelnen Sterne angegeben werden.

In diesen gelten die Positionen für 1850 und sind in gerader Aufsteigung und Abweichung ausgedrückt. Der oft gebrauchte Ausdruck Stufe bedeutet einen Unterschied in der Helligkeit, welcher sich noch sicher mit bloßen Augen erkennen läßt, oder für die mit unbewaffnetem Auge unsichtbaren Sterne durch einen Fraunhoferschen Kometensucher von 24 Zoll Brennweite. Für die helleren Sterne über 6. Größe beträgt eine Stufe ungefähr den zehnten Teil des Unterschiedes, um welchen die einander folgenden Größenklassen voneinander verschieden sind; für die kleineren Sterne sind die gebräuchlichen Größenklassen bedeutend enger.

1) o Ceti; AR. 32° 57′, Decl. — 3° 40′; auch wegen seines wunderbaren Lichtwechsels, der an diesem Sterne zuerst wahrgenommen wurde, Mira genannt. Schon in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts erkannte man die Periodizität dieses Sterns, und Boulliaud bestimmte die Dauer der Periode auf 333 Tage; indes fand man auch zugleich, daß diese Dauer bald länger, bald kürzer sei, sowie, daß der Stern in seinem größten Lichte bald heller, bald schwächer erscheine. Dies hat nun die Folgezeit vollkommen bestätigt. Ob der Stern jemals ganz unsichtbar wird, ist noch nicht entschieden; man hat ihn zuweilen 11. oder 12. Größe zur Zeit des Minimums gesehen, zu anderen Zeiten mit drei- und vierfüßigen Fernröhren nicht sehen können. So viel ist gewiß, daß er eine lange Zeit schwächer als 10. Größe ist. Es sind aber überhaupt über dies Stadium nur wenige Beobachtungen vorhanden; die meisten beginnen erst, wenn er als 6. Größe dem bloßen Auge sich zu zeigen anfängt. Von diesem Zeitpunkte nimmt der Stern nun anfangs rasch, dann langsamer, zuletzt kaum merklich an Helligkeit zu; dann wieder, erst langsam, nachher rascher, ab. Im Mittel dauert die Zeit der Lichtzunahme von der 6. Größe an 50, die der Lichtabnahme bis zur genannten Helligkeit 69 Tage, so daß der Stern also ungefähr vier Monate mit bloßen Augen sichtbar ist. Allein dies ist nur die mittlere Dauer der Sichtbarkeit; zuweilen hat sie sich auf fünf Monate gesteigert, während sie zu anderen Zeiten nur drei Monate

gewesen ist. Ebenso ist auch die Dauer der Lichtzu- und Abnahme großen Schwankungen unterworfen, und jene zuweilen langsamer als diese, wie im Jahre 1840, wo der Stern 62 Tage brauchte, um bis zur größten Helligkeit zu kommen, und in 49 Tagen von dieser bis zur Unsichtbarkeit mit bloßen Augen herabsank. Die kürzeste beobachtete Dauer des Wachsens fand im Jahre 1679 mit 30 Tagen statt; die längste, von 67 Tagen, ward im Jahr 1709 beobachtet. Die Lichtabnahme dauerte am längsten im Jahre 1839, nämlich 91 Tage; am kürzesten im Jahre 1660, nämlich nur 52 Tage. Zuweilen verändert der Stern zur Zeit seiner größten Helligkeit diese einen Monat lang kaum merklich, zu anderen Zeiten läßt sich schon nach wenigen Tagen eine Veränderung deutlich wahrnehmen. Bei einigen Erscheinungen hat man, nachdem der Stern einige Wochen an Helligkeit abgenommen hatte, während mehrerer Tage einen Stillstand, oder wenigstens eine kaum merkliche Lichtabnahme wahrgenommen; so im Jahre 1678 und 1847.

Die Helligkeit im Maximum ist, wie schon erwähnt, auch keineswegs immer dieselbe. Bezeichnet man die Helligkeit der schwächsten mit bloßen Augen sichtbaren Sterne mit 0, die des Aldebaran (α im Stier), eines Sterns 1. Größe, mit 50, so hat die Helligkeit von Mira im Maximum zwischen 20 und 47 geschwankt, d. h. zwischen der Helligkeit der Sterne 4. und 1. bis 2. Größe; die mittlere Helligkeit ist 28 oder die des Sterns τ Ceti. Aber fast noch unregelmäßiger hat sich die Dauer der Periode gezeigt; im Mittel beträgt dieselbe 331 Tage 20 Stunden, ihre Schwankungen aber steigen bis auf einen Monat, denn die kürzeste von einem Maximum bis zum nächsten verflossene Zeit war nur 306 Tage, die längste dagegen 367 Tage. Und noch auffallender werden diese Unregelmäßigkeiten, wenn man die einzelnen Erscheinungen des größten Lichtes selbst mit denjenigen vergleicht, welche stattfinden sollten, wenn man diese Maxima unter Annahme einer gleichförmigen Periode berechnet. Die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung steigen dann auf 50 Tage; und zwar zeigt es sich, daß diese Unterschiede mehrere Jahre hintereinander nahe von derselben Größe und nach derselben Seite hin sind. Dies deutet offenbar auf eine Störung in den Lichterscheinungen hin, welche eine sehr lange Periode hat. Die genauere Rechnung hat aber erwiesen, daß man mit einer Störung nicht ausreicht, sondern mehrere annehmen muß, die freilich aus derselben Ursache herrühren können, und zwar eine, die nach 11, eine zweite, die nach 88, eine dritte, die nach 176, und eine vierte, die erst nach 264 Einzelperioden wiederkehrt. Danach entsteht die S. 185 Anm. 10 angeführte Sinusformel, mit welcher nun die einzelnen Maxima sehr nahe stimmen, obgleich immer noch Abweichungen vorhanden sind, die sich durch Beobachtungsfehler nicht erklären lassen.

2) β Persei, Algol; AR. 44° 36′, Decl. + 40° 22′. Obgleich Geminiano Montanari schon im Jahre 1667 die Veränder-

lichkeit dieses Sterns bemerkt und Maraldi sie gleichfalls beobachtet hatte, fand doch erst Goodricke im Jahre 1782 die Regelmäßigkeit derselben. Der Grund hiervon ist wohl darin zu suchen, daß der Stern nicht wie die meisten übrigen veränderlichen allmählich an Helligkeit ab- und zunimmt, sondern während 2 Tagen 13 Stunden in der gleichen 2., 3. Größe glänzt, und nur 7 bis 8 Stunden lang sich in geringerer zeigt, wobei er bis zur 4. Größe herabsinkt. Die Ab- und Zunahme der Helligkeit ist nicht ganz regelmäßig, sondern geht in der Nähe des Minimums rascher vor sich, woher sich auch der Zeitpunkt der geringsten Helligkeit auf 10 bis 15 Minuten genau bestimmen läßt. Merkwürdig ist dabei, daß der Stern nachdem er gegen eine Stunde an Licht zugenommen hat, etwa ebenso lange fast in derselben Helligkeit bleibt, und dann erst wieder merklich wächst. Die Dauer der Periode wurde bisher für vollkommen gleichförmig gehalten, und Wurm konnte, indem er sie zu 2 Tagen 21 Stunden 48 Minuten 58½ Sekunden annahm, alle Beobachtungen gut darstellen. Eine genauere Berechnung, bei der ein fast doppelt so großer Zeitraum benutzt werden konnte, als der Wurm zu Gebote gestanden, hat aber gezeigt, daß die Periode allmählich kürzer wird. Sie war im Jahre 1784 2 Tage 20 Stunden 48 Minuten 59,4 Sekunden und im Jahre 1842 nur 2 Tage 20 Stunden 48 Minuten 55,2 Sekunden. Aus den neuesten Beobachtungen wird es außerdem sehr wahrscheinlich, daß also auch diese Abnahme der Periode jetzt schneller vor sich geht als früher, so daß also auch bei diesem Sterne mit der Zeit eine Sinusformel für die Störung der Periode sich ergeben wird. Diese gegenwärtige Verkürzung der Periode würde sich übrigens erklären lassen, wenn wir annehmen, daß Algol sich uns jedes Jahr 500 Meilen mehr nähert, oder sich um so viel weniger von uns entfernt wie das vorhergehende, indem dann das Licht um so viel früher jedes Jahr zu uns gelangen muß, als die Abnahme der Periode fordert, nämlich ungefähr 12 Tausendteile einer Sekunde. Ist dies der wahre Grund, so muß natürlich mit der Zeit eine Sinusformel sich ergeben.

3) χ Cygni; AR. 296° 12′, Decl. + 32° 32′. Auch dieser Stern zeigt nahe dieselben Unregelmäßigkeiten wie Mira; die Abweichungen der beobachteten Maxima von den mit einer gleichförmigen Periode berechneten gehen bis auf 40 Tage, werden aber sehr verringert durch Einführung einer Störung von 8½ Einzelperioden und einer anderen von 100 solcher Perioden. Im Maximum erreicht der Stern im Mittel die Helligkeit von schwach 3. Größe, oder eine hellere Stufe als der Stern 17 Cygni. Die Schwankungen sind aber auch hier sehr bedeutend und sind von 13 Stufen unter der mittleren bis 10 Stufen über derselben beobachtet worden. Wenn der Stern jenes schwächste Maximum hatte, war er dem bloßen Auge ganz unsichtbar, wogegen er im Jahre 1847 volle 97 Tage ohne Fernglas gesehen werden konnte;

seine mittlere Sichtbarkeit ist 52 Tage, wovon er im Mittel 20 Tage im Zunehmen und 32 im Abnehmen ist.

4) 30 Hydrae Hevelii; AR. 200° 23′, Decl. — 22° 30′. Von diesem Sterne, der wegen seiner Lage am Himmel nur kurze Zeit jedes Jahr zu sehen ist, läßt sich nur sagen, daß sowohl seine Periode, als auch seine Helligkeit im Maximum sehr großen Unregelmäßigkeiten unterworfen sind.

5) Leonis R = 420 Mayeri; AR. 144° 52′, Decl. + 12° 7′. Dieser Stern ist häufig mit den nahe bei ihm stehenden Sternen 18 und 19 Leonis verwechselt und deshalb sehr wenig beobachtet worden; indes doch hinlänglich, um zu zeigen, daß die Periode ziemlich unregelmäßig ist. Auch scheint die Helligkeit im Maximum um einige Stufen zu schwanken.

6) η Aquilae, auch η Antinoi genannt; AR. 296° 12′, Decl. + 0° 37′. Die Periode dieses Sterns ist ziemlich gleichförmig 7 Tage 4 Stunden 13 Minuten 53 Sekunden; aber doch zeigen die Beobachtungen, daß auch in ihr nach längeren Zeiträumen kleine Schwankungen vorkommen, die jedoch nur auf etwa 20 Sekunden gehen. Der Lichtwechsel selbst geht so regelmäßig vor sich, daß bis jetzt noch keine Abweichungen sichtbar geworden sind, die nicht durch Beobachtungsfehler sich erklären ließen. Im Minimum ist der Stern eine Stufe schwächer als ε Aquilae; er nimmt dann erst langsam, darauf rascher, zuletzt wieder langsam zu, und erreicht 2 Tage 9 Stunden nach dem Minimum seine größte Helligkeit, in der er fast drei Stufen heller wird als β, aber noch zwei Stufen schwächer bleibt als δ Aquilae. Vom Maximum sinkt die Helligkeit nicht so regelmäßig herab, indem sie, wenn der Stern die Helligkeit von γ erreicht hat (1 Tag 10 Stunden nach dem Maximum), sich langsamer verändert als vorher und nachher.

7) β Lyrae; AR. 281° 8′, Decl. + 33° 11′; ein merkwürdiger Stern dadurch, daß er zwei Maxima und zwei Minima hat. Wenn er im kleinsten Lichte, $\frac{1}{3}$ Stufe schwächer als ζ Lyrae, gewesen ist, steigt er in 3 Tagen 5 Stunden bis zu seinem ersten Maximum, in welchem er $\frac{3}{4}$ Stufen schwächer bleibt als γ Lyrae. Darauf sinkt er in 3 Tagen 3 Stunden zu seinem zweiten Maximum herab, in welchem seine Helligkeit die von ζ um 5 Stufen übertrifft. Nach weiteren 3 Tagen 2 Stunden erreicht er im zweiten Maximum wieder die Helligkeit des ersten, und sinkt nun in 3 Tagen 12 Stunden wieder zur geringsten Helligkeit hinab, so daß er in 12 Tagen 21 Stunden 46 Minuten 40 Sekunden seinen ganzen Lichtwechsel durchläuft. Diese Dauer der Periode gilt aber nur für die Jahre 1840 bis 1844; früher ist sie kürzer gewesen, im Jahre 1784 um $2\frac{1}{2}$ Stunden, 1817 und 1818 um mehr als eine Stunde; und jetzt zeigt sich deutlich wieder eine Verkürzung derselben. Es ist also nicht zweifelhaft, daß auch bei diesem Sterne die Störung der Periode sich durch eine Sinusformel wird ausdrücken lassen.

8) δ Cephei. AR. 335° 54′, Decl. + 57° 39′; zeigt von allen bekannten Sternen in jeder Hinsicht die größte Regelmäßigkeit. Die Periode von 5 Tagen 8 Stunden 47 Minuten 39½ Sekunden stellt alle Beobachtungen von 1784 bis jetzt innerhalb der Beobachtungsfehler dar; und durch solche können auch die kleinen Verschiedenheiten erklärt werden, welche sich in dem Gange des Lichtwechsels zeigen. Der Stern ist im Minimum $3\frac{1}{2}$ Stufen heller als ε, im Maximum gleich dem Sterne ε desselben Sternbildes; er braucht 1 Tag 15 Stunden, um von jenem zu diesem zu steigen; dagegen mehr als das Doppelte dieser Zeit, nämlich 3 Tage 18 Stunden, um wieder zum Minimum zurückzukommen; von dieser letzteren Zeit verändert er sich aber 8 Stunden lang fast gar nicht und einen ganzen Tag lang nur ganz unbedeutend.

9) α Herculis; AR. 256° 57′, Decl. + 14° 34′; ein sehr roter Doppelstern, dessen Lichtwechsel in jeder Hinsicht sehr unregelmäßig ist. Oft verändert er sein Licht monatelang fast gar nicht, zu anderen Zeiten ist er im Maximum um 5 Stufen heller als im Minimum; daher ist auch die Periode noch sehr unsicher. Der Entdecker hatte sie zu 63 Tagen angenommen, ich anfänglich zu 95, bis eine sorgfältige Berechnung meiner sämtlichen Beobachtungen während sieben Jahren mir jetzt die im Texte angesetzte Periode gegeben hat. Heis glaubt die Beobachtungen durch eine Periode von 184,9 Tagen mit zwei Maximis und zwei Minimis darstellen zu können.

10) Coronae R; AR. 235° 36′, Decl. + 28° 37′. Der Stern ist nur zeitweise veränderlich; die angegebene Periode ist von Koch berechnet worden aus seinen eigenen Beobachtungen, die leider verloren gegangen sind.

11) Scuti R; AR. 279° 52′, Decl. — 5° 51′. Die Helligkeitsschwankungen dieses Sterns bewegen sich zuweilen nur innerhalb weniger Stufen, während er zu anderen Zeiten von der 5. bis zur 9. Größe hinabsinkt. Er ist noch zu wenig beobachtet worden, um zu entscheiden, ob in diesen Abwechselungen eine bestimmte Regel herrscht. Ebenso ist auch die Dauer der Periode bedeutenden Schwankungen unterworfen.

12) Virginis R; AR. 187° 43′, Decl. + 7° 49′. Er hält seine Periode und Helligkeit im Maximum mit ziemlicher Regelmäßigkeit ein; doch kommen Abweichungen vor, die mir zu groß scheinen, um sie allein Beobachtungsfehlern zuschreiben zu können.

13) Aquarii R; AR. 354° 11′, Decl. — 16° 6′.

14) Serpentis R; AR. 235° 25′, Decl. + 15° 36′.

15) Serpentis S; AR. 228° 40′, Decl. + 14° 52′.

16) Cancri R; AR. 122° 6′, Decl. + 12° 9′.

Ueber diese vier Sterne, die nur höchst dürftig beobachtet sind, läßt sich wenig mehr sagen, als die Tabelle gibt.

17) α Cassiopeae; AR. 8° 0′, Decl. + 55° 43′. Der Stern ist sehr schwierig zu beobachten; der Unterschied zwischen

Maximum und Minimum beträgt nur wenige Stufen und ist außerdem ebenso variabel, als die Dauer der Periode. Aus diesem Umstande sind die sehr verschiedenen Angaben für dieselbe zu erklären. Die angegebene, welche die Beobachtungen von 1782 bis 1849 genügend darstellt, scheint mir die wahrscheinlichste zu sein.

18) π Orionis; AR. 86° 46′, Decl. + 7° 22′. Auch dieses Sterns Lichtwechsel beträgt vom Minimum zum Maximum nur 4 Stufen; er nimmt während 91½ Tagen zu an Helligkeit, während 104½ ab, und zwar vom 20. bis 70. Tage nach dem Maximum ganz unmerklich. Zeitweise ist seine Veränderlichkeit noch geringer und kaum zu bemerken. Er ist sehr rot.

19) α Hydrae; AR. 140° 3′, Decl. — 8° 1′; ist von allen veränderlichen am schwierigsten zu beobachten, und die Periode noch ganz unsicher. Sir John Herschel gibt sie zu 29 bis 30 Tagen an.

20) ε Aurigae; AR. 72° 48′, Decl. + 43° 36′. Der Lichtwechsel dieses Sterns ist entweder sehr unregelmäßig, oder es finden während einer Periode von mehreren Jahren mehrere Maxima und Minima statt, was erst nach Verlauf vieler Jahre wird entschieden werden können.

21) ζ Geminorum; AR. 103° 48′, Decl. + 20° 47′. Dieser Stern hat bis jetzt einen ganz regelmäßigen Verlauf des Lichtwechsels gezeigt. Im Minimum hält seine Helligkeit die Mitte zwischen γ und δ desselben Sternbildes, im Maximum erreicht sie die von λ nicht völlig; der Stern braucht 4 Tage 21 Stunden zum Hellwerden und 5 Tage 6 Stunden zum Abnehmen.

22) β Pegasi: AR. 344° 7′, Decl. + 27° 16′. Die Periode ist schon ziemlich gut bestimmt, über den Gang des Lichtwechsels läßt sich aber noch nichts sagen.

23) Pegasi R; AR. 344° 47′, Decl. + 9° 43′.

24) Cancri S; AR. 128° 50′, Decl. + 19° 34′.

Ueber beide Sterne ist noch nichts zu sagen.

Bonn, im August 1850. Fr. Argelander.

Veränderung des Sternlichtes in unerforschter Periodizität. — Bei der wissenschaftlichen Begründung wichtiger Naturerscheinungen im Kosmos, sei es in der tellurischen oder in der siderischen Sphäre, gebietet die Vorsicht, nicht allzu früh miteinander zu verketten, was noch in seinen nächsten Ursachen in Dunkel gehüllt ist. Deshalb unterscheiden wir gern neu erschienene und wieder gänzlich verschwundene Sterne (in der Kassiopeia 1572), neu erschienene und nicht wieder verschwundene (im Schwan 1600), veränderliche mit erforschten Perioden (Mira Ceti, Algol), Sterne, deren Lichtintensität sich verändert, ohne daß in diesem Wechsel bisher eine Periodizität entdeckt worden ist (η Argus). Es ist keineswegs unwahrscheinlich, aber auch nicht notwendig, daß diese

vier Arten der Erscheinungen[12] ganz ähnliche Ursachen in der Photosphäre jener fernen Sonnen oder in der Natur ihrer Oberfläche haben.

Wie wir die Schilderung der neuen Sterne mit der ausgezeichnetsten dieser Klasse von Himmelsbegebenheiten, mit der plötzlichen Erscheinung des Sterns von Tycho, begonnen haben, so beginnen wir, von denselben Gründen geleitet, die Darstellung der Veränderung des Sternlichts bei unerforschter Periodizität mit den noch heutzutage fortgehenden unperiodischen Helligkeitsschwankungen von η Argûs. Dieser Stern liegt in der großen und prachtvollen Konstellation des Schiffes, der „Freude des südlichen Himmels". Schon Halley, als er 1677 von seiner Reise nach der Insel St. Helena zurückkehrte, äußerte viele Zweifel über den Lichtwechsel der Sterne des Schiffes Argo, besonders am Schilde des Vorderteils und am Verdeck (ἀσπιδίσκη und κατάστρωμα), deren relative Größenordnung Ptolemäus angegeben hatte, aber bei der Ungewißheit der Sternpositionen der Alten, bei den vielen Varianten der Handschriften des Almagest und den unsicheren Schätzungen der Lichtstärke konnten diese Zweifel zu keinen Resultaten führen. Halley hatte η Argûs 1677 4., Lacaille 1751 bereits 2. Größe gefunden. Der Stern ging wieder zu seiner früheren schwächeren Intensität zurück, denn Burchell fand ihn während seines Aufenthalts im südlichen Afrika (1811 bis 1815) von der 4. Größe. Fallows und Brisbane sahen ihn 1822 bis 1826 2^m, Burchell, der sich damals (Februar 1827) zu S. Paulo in Brasilien befand, 1^m, ganz dem α Crucis gleich. Nach einem Jahre ging der Stern wieder zu 2^m zurück. So fand ihn Burchell in der brasilianischen Stadt Goyaz am 29. Februar 1828, so führen ihn Johnson und Taylor von 1829 und 1833 in ihren Verzeichnissen auf. Auch Sir John Herschel schätzte ihn am Vorgebirge der guten Hoffnung von 1834 bis 1837 zwischen 2^m und 1^m.

Als nämlich am 16. Dezember 1837 dieser berühmte Astronom eben sich zu photometrischen Messungen von einer Unzahl teleskopischer Sterne 11^m bis 16^m rüstete, welche den herrlichen Nebelfleck um η Argûs füllen, erstaunte er, diesen oft vorher beobachteten Stern zu einer solchen Intensität des Lichtes angewachsen zu finden, daß er fast dem Glanze von α Centauri gleichkam und alle anderen Sterne 1. Größe außer Canopus und Sirius an Glanz übertraf. Am 2. Januar 1838 hatte er dieses Mal das Maximum seiner Helligkeit

keit erreicht. Er wurde bald schwächer als Arcturus, übertraf aber Mitte April 1838 noch Aldebaran. Bis März 1843 erhielt er sich in der Abnahme, doch immer als Stern 1ter; dann, besonders im April 1843, nahm wieder das Licht so zu, daß nach den Beobachtungen von Mackay in Kalkutta und Maclear am Kap η Argûs glänzender als Canopus, ja fast dem Sirius gleich wurde. Diese hier bezeichnete Lichtintensität hat der Stern fast noch bis zu dem Anfang des laufenden Jahres behalten. Ein ausgezeichneter Beobachter, Lieutenant Gilliß, der die astronomische Expedition befehligt, welche die Regierung der Vereinigten Staaten an die Küste von Chile geschickt hat, schreibt von Santiago im Februar 1850: „η Argûs, mit seinem gelblich-roten Lichte, welches dunkler als das des Mars ist, kommt jetzt dem Canopus an Glanz am nächsten, und ist heller als das vereinigte Licht von α Centauri.“[1] Seit der Erscheinung im Schlangenträger 1604 ist kein Fixstern zu einer solchen Lichtstärke und in einer langen Dauer von nun schon 7 Jahren aufgestrahlt. In den 173 Jahren (von 1677 bis 1850), in welchen wir Nachricht von der Größenordnung des schönen Sterns im Schiffe haben, hat derselbe in der Vermehrung und Verminderung seiner Intensität 8 bis 9 Oszillationen gehabt. Es ist, als ein Antriebsmittel zur dauernden Aufmerksamkeit der Astronomen auf das Phänomen einer großen, aber unperiodischen Veränderlichkeit von η Argûs, ein glücklicher Zufall gewesen, daß die Erscheinung in die Epoche der rühmlichen fünfjährigen Kaperpedition von Sir John Herschel gefallen ist.

Bei mehreren anderen, sowohl isolierten Fixsternen als von Struve beobachteten Doppelsternen (Stellarum compos. Mensurae microm. p. LXXI—LXXIII) sind ähnliche, noch nicht periodisch erkannte Lichtveränderungen bemerkt worden. Die Beispiele, die wir uns hier anzuführen begnügen, sind auf wirkliche, von demselben Astronomen zu verschiedenen Zeiten aufgestellte photometrische Schätzungen und Messungen gegründet, keineswegs aber auf die Buchstabenreihen in Bayers Uranometrie. Argelander hat in der Abhandlung De fide Uranometriae Bayerianae 1842. p. 15 sehr überzeugend erwiesen, daß Bayer gar nicht den Grundsatz befolgt, die hellen Sterne mit den früheren Buchstaben zu bezeichnen, sondern im Gegenteil in derselben Größenklasse die Buchstaben in Reihenfolge der Lage so verteilte, daß er gewöhnlich vom Kopf der Figur in jeglichem Sternbilde zu den Füßen,

überging. Die Buchstabenreihe in Bayers Uranometrie hat lange den Glauben an die Lichtveränderungen verbreitet von α Aquilae, von Castor der Zwillinge und Alphard der Wasserschlange.

Struve (1838) und Sir John Herschel sahen Capella an Licht zunehmen. Der letztere findet die Capella jetzt um vieles heller als Wega, da er sie vorher immer für schwächer annahm.[14] Ebenso auch Galle und Heis in jetziger Vergleichung von Capella und Wega. Der letztere findet Wega um 5 bis 6 Stufen, also mehr als eine halbe Größenklasse, schwächer.

Die Veränderungen in dem Lichte einiger Sterne in den Konstellationen des großen und kleinen Bären verdienen besondere Aufmerksamkeit. „Der Stern η_1 Ursae majoris," sagt Sir John Herschel, „ist jetzt gewiß unter den 7 hellen Sternen des großen Bären der vorleuchtendste, wenn 1837 noch ε unbestreitbar den ersten Rang einnahm." Diese Bemerkung hat mich veranlaßt, Herrn Heis, der sich so warm und umsichtig mit der Veränderlichkeit des Sternlichts beschäftigt, zu befragen. „Aus dem Mittel der 1842 bis 1850 zu Aachen von mir angestellten Beobachtungen," schreibt Herr Heis, „ergab sich die Reihenfolge: 1) ε Ursae maj. oder Alioth, 2) α oder Dubhe, 3) η_1 oder Benetnasch, 4) ζ oder Mizar, 5) β, 6) γ, 7) δ. In den Helligkeitsunterschieden dieser 7 Sterne sind sich nahe gleich ε, α und η_1, so daß ein nicht ganz reiner Zustand der Luft die Reihenfolge unsicher machen kann; ζ ist entschieden schwächer als die drei genannten. Die beiden Sterne β und γ, beide merklich schwächer als ζ, sind untereinander fast gleich; δ endlich, in älteren Karten von gleicher Größe mit β und γ angegeben, ist um mehr als eine Größenordnung schwächer als diese Sterne. Veränderlich ist bestimmt ε. Obgleich der Stern in der Regel heller als α ist, so habe ich ihn doch in 3 Jahren 5mal entschieden schwächer als α gesehen. Auch β Ursae maj. halte ich für veränderlich, ohne bestimmte Perioden angeben zu können. Sir John Herschel fand in den Jahren 1840 und 1841 β Ursae min. viel heller als den Polarstern, während daß schon im Mai 1846 das Entgegengesetzte von ihm beobachtet wurde. Er vermutet Veränderlichkeit in β. Ich habe seit 1843 der Regel nach Polaris schwächer als β Ursae min. gefunden, aber von Oktober 1843 bis Juli 1849 wurde nach meinen Verzeichnissen Polaris zu 14 Malen größer als β gesehen. Daß wenigstens die Farbe

des letztgenannten Sterns nicht immer gleich rötlich ist, davon habe ich mich häufig zu überzeugen Gelegenheit gehabt; sie ist zuweilen mehr oder weniger gelb, zuweilen recht entschieden rot.[15] Alle mühevollen Arbeiten über die relative Helligkeit der Gestirne werden dann erst an Sicherheit gewinnen, wenn die Reihung nach bloßer Schätzung endlich einmal durch Messungsmethoden, welche auf die Fortschritte der neueren Optik gegründet sind, ersetzt werden kann. Die Möglichkeit, ein solches Ziel zu erreichen, darf von Astronomen und Physikern nicht bezweifelt werden.

Bei der wahrscheinlich großen physischen Aehnlichkeit der Lichtprozesse in allen selbstleuchtenden Gestirnen (in dem Centralkörper unseres Planetensystems und den fernen Sonnen oder Fixsternen) hat man längst mit Recht darauf hingewiesen, wie bedeutungs- und ahnungsvoll der periodische oder unperiodische Lichtwechsel der Sterne ist für die Klimatologie im allgemeinen, für die Geschichte des Luftkreises, d. i. für die wechselnde Wärmemenge, welche unser Planet im Lauf der Jahrtausende von der Ausstrahlung der Sonne empfangen hat, für den Zustand des organischen Lebens und dessen Entwickelungsformen unter verschiedenen Breitengraden. Der veränderliche Stern am Halse des Walfisches (Mira Ceti) geht von der 2. Größe bis zur 11., ja bis zum Verschwinden herab; wir haben eben gesehen, daß η des Schiffes Argo von der 4. Größe bis zur 1. und unter den Sternen dieser Ordnung bis zum Glanz des Canopus, fast bis zu dem von Sirius sich erhoben hat. Wenn je auch nur ein sehr geringer Teil der hier geschilderten Veränderungen in der Intensität der Licht- und Wärmestrahlung nach ab- oder aufsteigender Skala unsere Sonne angewandelt hat (und warum sollte sie von anderen Sonnen verschieden sein?), so kann eine solche Anwandlung, eine solche Schwächung oder Belebung der Lichtprozesse doch mächtigere, ja furchtbarere Folgen für unseren Planeten gehabt haben, als zur Erklärung aller geognostischen Verhältnisse und aller Erdrevolutionen erforderlich sind. William Herschel und Laplace haben zuerst diese Betrachtungen angeregt. Wenn ich hier bei denselben länger verweilt bin, so ist es nicht darum geschehen, weil ich in ihnen ausschließlich die Lösung der großen Probleme der Wärmeveränderung auf unserem Erdkörper suche. Auch die primitive hohe Temperatur des Planeten, in seiner Bildung und der Verdichtung der sich ballenden Materie gegründet, die Wärmestrahlung der tiefen

Erdschichten durch offene Klüfte und unausgefüllte Gangspalten, die Verstärkung elektrischer Ströme, eine sehr verschiedene Verteilung von Meer und Land konnten in den frühesten Epochen des Erdelebens die Wärmeverteilung unabhängig machen von der Breite, d. h. von der Stellung gegen einen Centralkörper. Kosmische Betrachtungen dürfen sich nicht einseitig auf astrognostische Verhältnisse beschränken.

Anmerkungen.

[1] (S. 151.) Ein neuer Stern ist im Sommer 1885 ganz plötzlich im Nebel der Andromeda erschienen. Messier — so schreibt der bekannte Kölner Astronom Dr. Hermann J. Klein — sah keinen Stern in dem Nebel, jedoch Fr. Wilhelm Herschel, der den Nebel mit seinen mächtigen Teleskopen untersuchte, fand den centralen hellen Teil zwar nebelig, aber mit Andeutung, daß er vielleicht in Sterne auflösbar sei. Der große Beobachter bemerkt ferner, daß die Distanz dieses Nebels dem 2000fachen der Entfernung des Sirius vergleichbar sei. Diesen Abstand zu durchlaufen, braucht das Licht 6000 Jahre (in einem Jahre durchläuft das Licht den ungeheuren Weg von mehr als 1½ Billionen Meilen), so daß, wenn Herschels Schätzung der Entfernung richtig ist, die erst heute für uns sichtbar gewordene Neubildung in jenem Nebel sich in Wirklichkeit bereits ereignet hat zu einer Zeit, die der ältesten beglaubigten Geschichte Aegyptens und Babylons voraufgeht. Der mittlere Teil oder der sogenannte Kern des Nebels ist nicht sternartig, sondern in starken Ferngläsern gewissermaßen fleckig, so daß man der Ansicht Herschels, er bestehe aus Sternen, beipflichten muß. Endlich hat 1848 der große Refraktor zu Cambridge (Nordamerika) dort innerhalb der Grenzen des Nebels mehr als 1500 einzelne Sternchen erkennen lassen, ohne daß jedoch der nebelhafte Umriß des Ganzen verschwunden wäre. Durch diese Sternmasse zogen sich zwei schmale, dunkle, parallele Streifen, gewissermaßen wie zwei Risse, die auch später von anderen Beobachtern gesehen worden sind. Das Spektroskop hat endlich gezeigt, daß dieser Nebel ein kontinuierliches Spektrum besitzt, derselbe also keine glühende Gasmasse, sondern ein dichtgedrängter Sternhaufen sein muß, wenigstens in den centralen Teilen. Dort ist nun auch der neue Stern erschienen, und die verhältnismäßig große Helligkeit, welche er zeigt, läßt gar keinen Zweifel darüber, daß es sich dabei um einen Vorgang handelt, den man als eine Weltkatastrophe bezeichnen muß. Genaueres wird sich hierüber sagen lassen, sobald günstige Witterung die Anwendung des Spektroskops gestattet. Schließlich sei noch bemerkt, daß sich im Jahre 1860 bei einem Nebelfleck im Skorpion, der in Wirklichkeit auch ein sehr dichtgedrängter Sternhaufen ist, eine Erscheinung gezeigt hat, welche große Aehnlichkeit

mit derjenigen im Andromedanebel besitzt. Damals erschien plötzlich am Orte des Nebels ein Stern 7. bis 6. Größe, nach etwa 14 Tagen war derselbe jedoch verschwunden und an seiner Stelle zeigte sich der Nebel wie früher. So weit Dr. Klein. Eine neue Erklärung dieser wunderbaren Vorgänge am Himmel brachte mit Bezug auf den neuen Stern von 1885 der Wiener Astronom Dr. M. Wilhelm Meyer. Ihm zufolge ist es ein Weltuntergang, den wir vor Augen sahen. „In der Umgebung des neuen Sternes fehlt in dem Nebel keine Materie; die dunklen Streifen in seinem Körper sind ganz wie früher sichtbar; nichts hat sich im übrigen darin verändert. Auch dieses beweist, daß in dem Nebel keine katastrophenartige Zusammenziehung des Stoffes bis zur Dichtigkeit einer Sonne, wie wir sie uns in Myriaden von Jahren sich hier vorgehend denken, stattgefunden haben kann, weil diese den ganzen Nebel in Mitleidenschaft gezogen haben müßte. Wir müssen vielmehr vermuten, daß zwei aus jener ungezählten Zahl von Sternen, welche sich um den Mittelpunkt des Nebels drängen und wie alle übrigen um dieses Centrum in mächtigem Schwunge bewegen müssen, in fürchterlichem Zusammenstoße gegeneinander schlugen; zwei Sonnen, die sich zermalmen und im vehementen Anpralle eine ganz ungeheure Hitze entwickeln, die in den Raum hinausströmt. Bereits erlöschende Teile der in ihrem Fluge jäh aufgehaltenen Sonnen geraten in neue Glut; was vorher schon glühte, wird heißer angefacht. Ein hundertfältig stärkeres Licht strahlt plötzlich von ihnen aus, und sobald die aufgewühlte Lichtwelle uns erreicht, erscheint ein neuer Stern. Aber die schnell aufzischende Glut hat keinen langen Bestand. Sie ist wie ein Funke, der vom Stahl absprüht, wenn ihn der Stein trifft. Alle neuen Sterne sind immer sofort in ihrem hellsten Lichte erschienen, um dann bald darauf in mehr oder weniger regelmäßiger Stufenfolge abzunehmen, bis sie gänzlich wieder erloschen waren. Auch der neue Stern im Nebel der Andromeda zeigt bereits ein ähnliches Verhalten. Als er zuerst aufleuchtete, war er reichlich 6. bis 7. Größe. Als ich ihn dagegen am Montag wieder sah, war er bereits zur achten Größenklasse herabgesunken, und auch seine Farbe hatte sich merklich verändert. Seitdem ist das Wetter leider trüb geworden. Allem Anscheine nach wird also schon nach wenigen Wochen das große Schauspiel zu Ende sein. Dann wird man es besser kritisieren können." — [D. Herausg.]

[2] (S. 152.) Ich bin in dem Texte ganz der Erzählung gefolgt, welche Tycho selbst gibt. Der sehr unwichtigen, aber in vielen astronomischen Schriften wiederholten Behauptung, daß Tycho zuerst durch einen Zusammenlauf von Landvolk auf die Erscheinung des neuen Sterns aufmerksam gemacht wurde, durfte daher hier nicht gedacht werden.

[3] (S. 153.) Cardanus in seinem Streite mit Tycho stieg bis zu dem Stern der Magier hinauf, welcher mit dem Stern

von 1572 identisch sein sollte. Ideler glaubt nach seinen Konjunktionsberechnungen des Saturn mit Jupiter und nach gleichen Vermutungen, die Kepler bei dem Erscheinen des neuen Sterns im Schlangenträger von 1604 ausgesprochen, daß der Stern der Weisen aus dem Morgenlande, wegen der häufigen Verwechselung von ἀστήρ und ἄστρον, nicht ein einzelner großer Stern, sondern eine merkwürdige Gestirnstellung, die große Annäherung zweier hellglänzenden Planeten zu weniger als einer Mondbreite, gewesen sei.

[4] (S. 153.) Tycho gründet sich in seiner Theorie der neuen Sternbildung aus dem kosmischen Nebel der Milchstraße auch auf die merkwürdigen Stellen des Aristoteles über den Verkehr der Kometenschweife (der dunstförmigen Ausstrahlungen der Kometenkerne) mit dem Galaxias, deren ich schon oben erwähnte.

[5] (S. 155.) Andere Angaben setzen die Erscheinung in die Jahre 388 oder 398.

[6] (S. 163.) Siehe über Beispiele von nicht verschwundenen Sternen Argelander in Schumachers astronom. Nachr. Nr. 624, S. 371. Um auch eines Beispieles aus dem Altertum zu gedenken, ist hier zu erinnern, wie die Nachlässigkeit, mit der Aratus sein poetisches Sternverzeichnis angefertigt hat, zu der oft erneuerten Frage führte, ob Wega oder Leier ein neuer oder in langen Perioden veränderlicher Stern sei. Aratus sagt nämlich, die Konstellation der Leier habe nur kleine Sterne. Auffallend ist es allerdings, daß Hipparch in dem Kommentar diesen Irrtum nicht bezeichnet, da er doch den Aratus wegen seiner Angaben von der relativen Lichtstärke der Sterne der Kassiopeia und des Schlangenträgers tadelt. Alles dieses ist aber nur zufällig und nichts beweisend; denn da Aratus auch dem Schwane nur Sterne „von mittlerem Glanze" zuschreibt, so widerlegt Hipparch ausdrücklich diesen Irrtum, und setzt hinzu, daß der helle Stern am Schwanze (Deneb), an Lichtstärke der Leier (Wega) wenig nachstehe. Ptolemäus setzt Wega unter die Sterne erster Ordnung, und in den Katasterismen des Eratosthenes wird Wega λευκὸν καὶ λαμπρὸν genannt. Würde man bei den vielen Ungenauigkeiten eines die Sterne nicht selbst beobachtenden Dichters der Behauptung Glauben beimessen wollen, daß Wega der Leier (Fidicula des Plinius XVIII, 25) erst zwischen den Jahren 282 und 127 vor unserer Zeitrechnung, zwischen Aratus und Hipparch, ein Stern 1. Größe geworden sei?

[7] (S. 165.) „Ich glaube," sagt Argelander, „daß es sehr schwierig ist, in einem lichtstarken Fernrohr die Helligkeit so überaus verschiedener Sterne, als es die beiden Komponenten von α Herculis sind, richtig zu schätzen. Meine Erfahrung ist entscheidend gegen die Veränderlichkeit des Begleiters, da ich α Herculis bei vielfachen Tagesbeobachtungen in den Fernröhren der Meridiankreise zu Abo, Helsingfors und Bonn, nie einfach gesehen

habe, was doch wohl der Fall gewesen sein würde, wenn der Begleiter im Minimum 7. Größe wäre. Ich halte diesen konstant für 5^m oder $5 . 6^m$."

[8] (S. 165.) Mädlers Tafel enthält mit sehr verschiedenen numerischen Elementen 18 Sterne; Sir John Herschel zählt mit den in den Noten berührten über 45 auf.

[9] (S. 167.) „Wenn ich," sagte Argelander, „das kleinste Licht des Algol 1800 Januar 1. um 18 Stunden 1 Minute mittlerer Pariser Zeit für die 0 Epoche annehme, so erhalte ich die Dauer der Periode für:

— 1987 . . 2 T. 20 St. 48 M. . .	59,416^s . .	± 0,316^s
— 1406	58,737	± 0,094
— 825	58,393	± 0,175
+ 751	58,454	± 0,039
+ 2328	58,193	± 0,096
+ 3885	57,971	± 0,045
+ 5441	55,182	± 0,348

In dieser Tabelle haben die Zahlen folgende Bedeutung: Nennt man die Epoche des Minimums 1, Januar 1800 null, die nächst vorhergehende — 1, die nächstfolgende + 1 u. s. w., so war die Dauer zwischen dem — 1987 und — 1986 genau 2 Tage 20 Stunden 48 Minuten 59,416 Sekunden; die Dauer zwischen + 5441 und + 5442 aber Tage 20 Stunden 48 Minuten 55,182 Sekunden; jenes entspricht dem Jahre 1784, dieses dem Jahre 1842.

Die hinter den ± Zeichen stehenden Zahlen sind die wahrscheinlichen Fehler. Daß die Abnahme immer rascher wird, zeigen sowohl die letzte Zahl als alle meine Beobachtungen seit 1847."

[10] (S. 167.) Argelanders Formel zur Darstellung aller Beobachtungen der Maxima von Mira Ceti ist nach seiner Mitteilung diese:

„1751 September 9,76 + $331{,}3363$ T. + 10,5 T.

$$\text{Sin.}\left(\frac{360^0}{11}\,E + 85^0\,23'\right) + 18{,}2\ \text{T.}\ \text{Sin.}\left(\frac{45^0}{11}\,E + 231^0\,42'\right)$$

$$+ 33{,}9\ \text{T.}\ \text{Sin.}\left(\frac{45^0}{55}\,E + 170^0\,19'\right) + 65{,}3\ \text{T.}$$

$$\text{Sin.}\left(\frac{15^0}{11}\,E + 6^0\,37'\right),$$

wo E die Anzahl der seit 1751 September 9. eingetretenen Maxima bedeutet und die Koeffizienten in Tagen gegeben sind. Für das jetzt laufende Jahr folgt daraus das Maximum:

1751 Septbr. 9,76 + 36115,65 T. + 8,44 T. − 12,24 T.
+ 18,59 T. + 27,34 T. = 1850 Septbr. 8,54.

Was am meisten für diese Formel zu sprechen scheint, ist der Umstand, daß mit ihr auch die Beobachtung des Maximums von

1596 (Kosmos Bd. II, S. 253) dargestellt wird, die bei jeder Annahme einer gleichförmigen Periode um mehr als 100 Tage abweicht. Doch scheint das Gesetz der Lichtveränderung dieses Sternes so kompliziert zu sein, daß in einzelnen Fällen, z. B. für das sehr genau beobachtete Maximum des Jahres 1840, die Formel noch viele Tage (fast 25) abgewichen ist."

[11] (S. 168.) Zu den frühesten ernsten Bestrebungen, die mittlere Dauer der Veränderlichkeitsperiode von Mira Ceti zu ergründen, gehört die Arbeit von Jacques Cassini, Elémens d'Astronomie 1740, p. 66—69.

[12] (S. 177.) Newton unterscheidet nur zwei Arten dieser siderischen Erscheinungen: „Stellae fixae quae per vices apparent et evanescunt quaeque paulatim crescunt, videntur revolvendo partem lucidam et partem obscuram per vices ostendere." Diese Erklärung des Lichtwechsels hatte schon früher Riccioli vorgetragen. Ueber die Vorsicht, mit welcher Periodizität vorausgesetzt werden muß, s. die wichtigen Betrachtungen von Sir John Herschel in der Kapreise § 261.

[13] (S. 178.) Brief des Astronomen der Sternwarte zu Washington, Lieutenant Gilliß an Dr. Flügel, Konsul der Verein. Staaten von Nordamerika zu Leipzig (Handschrift). Die acht Monate lang dauernde, ungetrübte Reinheit und Durchsichtigkeit der Atmosphäre in Santiago de Chile ist so groß, daß Lieutenant Gilliß in dem ersten in Amerika konstruierten, großen Fernrohr von 6½ Zoll Oeffnung (konstruiert von Henry Fritz in New York und William Young in Philadelphia) den 6. Stern im Trapezium des Orion deutlich erkannte

[14] (S. 179.) Sir John Herschel, Kapreise p. 334, 350 Note 1, und 440. Argelander hegt dagegen vielen Zweifel über die Veränderlichkeit der Capella und der Bärensterne.

[15] (S. 180.) Heis in handschriftliche Notizen vom Mai 1850. (Die behauptete Veränderlichkeit von γ_1, α und δ Ursae maj. ist auch bestätigt in Outlines p. 559.) Ueber die Reihenfolge der Sterne, welche vermöge ihrer Nähe nach und nach den Nordpol bezeichnen werden, bis, nach 12000 Jahren, Wega der Leier, der prachtvollste aller möglichen Polarsterne, die Stelle einnehmen wird, s. Mädler, Astronomie S. 432.

V.

Eigene Bewegung der Fixsterne. Problematische Existenz dunkler Weltkörper. — Parallaxe. — Gemessene Entfernung einiger Fixsterne. — Zweifel über die Annahme eines Centralkörpers für den ganzen Fixsternhimmel.

Neben den Veränderungen der Lichtstärke zeigt der Fixsternhimmel als solcher und im Widerspruch mit seiner Benennung auch Veränderungen durch die perpetuierlich fortschreitende Bewegung der einzelnen Fixsterne. Es ist schon früher daran erinnert worden, wie, ohne daß dadurch im allgemeinen das Gleichgewicht der Sternsysteme gestört werde, sich kein fester Punkt am ganzen Himmel befindet, wie von den hellen Sternen, welche die ältesten unter den griechischen Astronomen beobachtet haben, keiner seinen Platz im Weltraume unverändert behauptet hat. Die Ortsveränderung ist in zweitausend Jahren bei Arctur, bei μ der Kassiopeia und bei einem Doppelstern im Schwan durch Anhäufung der jährlichen eigenen Bewegung auf $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$ und 6 Vollmondbreiten angewachsen. Nach dreitausend Jahren werden etwa 20 Fixsterne ihren Ort um 1° und mehr verändert haben. Da nun die gemessenen eigenen Bewegungen der Fixsterne von $\frac{1}{20}$ bis 7,7 Sekunden steigen (also im Verhältnis von wenigstens 1 : 54 verschieden sind), so bleiben auch der relative Abstand der Fixsterne untereinander und die Konfiguration der Konstellationen in langen Perioden nicht dieselben. Das südliche Kreuz wird in der Gestalt, welche jetzt dies Sternbild zeigt, nicht immer am Himmel glänzen, da die vier Sterne, welche es bilden, mit ungleicher Geschwindigkeit eines verschiedenen Weges wandeln. Wie viele Jahrtausende bis zur völligen Auflösung verfließen werden, ist nicht zu berechnen. In den Raumverhältnissen und in der Zeitdauer gibt es kein absolutes Großes und Kleines.

Will man unter einem allgemeinen Gesichtspunkt zusammenfassen, was an dem Himmel sich verändert und was im Lauf der Jahrhunderte den physiognomischen Charakter der Himmelsdecke, den Anblick des Firmaments an einem bestimmten Orte modifiziert, so muß man aufzählen als wirksame Ursachen solcher Veränderung: 1) das Vorrücken der Nachtgleichen und das Wanken der Erdachse, durch deren gemeinsame Wirkung neue Sterne am Horizont aufsteigen, andere unsichtbar werden; 2) die periodische und unperiodische Veränderung der Lichtstärke vieler Fixsterne; 3) das Auflodern neuer Sterne, von denen einige wenige am Himmel verblieben sind; 4) das Kreisen teleskopischer Doppelsterne um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Zwischen diesen sich langsam und ungleich in Lichtstärke und Position verändernden sogenannten Fixsternen vollenden ihren schnelleren Lauf 20 Hauptplaneten, von denen fünf zusammen 20 Satelliten darbieten. Es bewegen sich also außer den ungezählten, gewiß auch rotierenden Fixsternen 40 bis jetzt (Oktober 1850) aufgefundene planetarische Körper.[1] Zur Zeit des Kopernikus und des großen Vervollkommners der Beobachtungskunst, Tycho, waren nur sieben bekannt. Fast 200 berechnete Kometen, deren fünf von kurzem Umlauf und innere, d. h. zwischen den Bahnen der Hauptplaneten eingeschlossene, sind, hätten hier ebenfalls noch als planetarische Körper aufgeführt werden können. Sie beleben während ihres meist kurzen Erscheinens, wenn sie dem bloßen Auge sichtbar werden, nächst den eigentlichen Planeten und den neuen als Sterne erster Größe plötzlich auflodernden Weltkörpern, am anziehendsten das an sich schon reiche Bild des gestirnten Himmels; ich hätte fast gesagt dessen landschaftlichen Eindruck.

Die Kenntnis der eigenen Bewegung der Fixsterne hängt geschichtlich ganz mit den Fortschritten zusammen, welche die Beobachtungskunst durch Vervollkommnung der Werkzeuge und der Methoden gemacht hat. Das Auffinden dieser Bewegung wurde erst möglich, als man das Fernrohr mit geteilten Instrumenten verband; als von der Sicherheit einer Bogenminute, die zuerst mit großer Anstrengung Tycho auf der Insel Hveen seinen Beobachtungen zu geben vermochte, man allmählich zur Sicherheit von einer Sekunde und von Teilen dieser Sekunde herabstieg, oder durch eine lange Reihe von Jahren getrennte Resultate miteinander vergleichen konnte. Eine solche Vergleichung stellte Halley mit den Positionen des Sirius, Arcturus

und Aldebaran an, wie sie Ptolemäus in seinen Hipparchischen Katalogus, also vor 1844 Jahren, eingetragen hatte. Er glaubte sich durch dieselbe berechtigt (1717), eine eigene Bewegung in den eben genannten drei Fixsternen zu verkündigen.[2] Die große und verdiente Achtung, welche selbst noch lange nach den Beobachtungen von Flamsteed und Bradley den im Triduum von Römer enthaltenen Rektaszensionen gespendet wurde, regte Tobias Mayer (1756), Maskelyne (1770) und Piazzi (1800) an, Römers Beobachtungen mit den späteren zu vergleichen. Die eigene Bewegung der Sterne wurde dergestalt schon seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in ihrer Allgemeinheit anerkannt; aber die genaueren und numerischen Bestimmungen dieser Klasse von Erscheinungen verdankte man erst 1783 der großen Arbeit von William Herschel, auf Flamsteeds Beobachtungen gegründet, wie in noch weit höherem Grade Besſels und Argelanders glücklicher Vergleichung von Bradleys Sternpositionen für 1755 mit den neueren Katalogen.

Die Entdeckung der eigenen Bewegung der Fixsterne hat für die physische Astronomie eine um so höhere Wichtigkeit, als dieselbe zu der Kenntnis der Bewegung unseres eigenen Sonnensystems durch die sternerfüllten Welträume, ja zu der genauen Kenntnis der Richtung dieser Bewegung geleitet hat. Wir würden nie irgend etwas von dieser Thatsache erfahren haben, wenn die eigene fortschreitende Bewegung der Fixsterne so gering wäre, daß sie allen unseren Messungen entginge. Das eifrige Bestreben, diese Bewegung in Quantität und Richtung, die Parallaxe der Fixsterne und ihre Entfernung zu ergründen, hat am meisten dazu beigetragen, durch Vervollkommnung der mit den optischen Instrumenten verbundenen Bogenteilungen und der mikrometrischen Hilfsmittel die Beobachtungskunst auf den Punkt zu erheben, zu dem sie sich bei scharfsinniger Benutzung von großen Meridiankreisen, Refraktoren und Heliometern (vorzugsweise seit dem Jahre 1830) emporgeschwungen hat.

Die Quantität der gemessenen eigenen Bewegung wechselt, wie wir schon im Eingange dieses Abschnittes bemerkt, von dem 20. Teil einer Sekunde bis zu fast 8″. Die leuchtenden Sterne haben großenteils dabei schwächere Bewegung als Sterne 5. bis 6. und 7. Größe. Die sieben Sterne, welche eine ungewöhnlich große eigene Bewegung offenbart haben, sind: Arcturus 1^m (2,25″), α Centauri 1^m (3,58″),[3] μ Cassiopeae 6^m (3,74″), der Doppelstern ε des Eridanus 5.4^m (4,8″),

der Doppelstern 61 des Schwans 5 . 6m (5,123"), von Bessel 1812 durch Vergleichung mit Bradleys Beobachtungen erkannt, ein Stern auf der Grenze der Jagdhunde und des großen Bären, Nr. 1830 des Katalogs der Cirkumpolarsterne von Groombridge, 7m (nach Argelander 6,974"), ε Indi (7,74") nach d'Arrest, 2151 Puppis des Schiffes 6m (7,871"). Das arithmetische Mittel der einzelnen Eigenbewegungen der Fixsterne aus allen Zonen, in welche Mädler die Himmelskugel geteilt hat, würde kaum 0,102" übersteigen.

Eine wichtige Untersuchung über die „Veränderlichkeit der eigenen Bewegungen von Procyon und Sirius" hat Bessel, dem größten Astronomen unserer Zeit, im Jahre 1844, also kurz vor dem Beginnen seiner tödlichen schmerzhaften Krankheit, die Ueberzeugung aufgedrängt, „daß Sterne, deren veränderliche Bewegungen in den vervollkommnetsten Instrumenten bemerkbar werden, Teile von Systemen sind, welche, vergleichungsweise mit den großen Entfernungen der Sterne voneinander, auf kleine Räume beschränkt sind." Dieser Glaube an die Existenz von Doppelsternen, deren einer ohne Licht ist, war in Bessel, wie meine lange Korrespondenz mit ihm bezeugt, so fest, daß sie bei dem großen Interesse, welches ohnedies jede Erweiterung der Kenntnis von der physischen Beschaffenheit des Fixsternhimmels erregt, die allgemeinste Aufmerksamkeit auf sich zog. „Der anziehende Körper," sagt der berühmte Beobachter, „muß entweder dem Fixsterne, welcher die merkliche Veränderung zeigt, oder der Sonne sehr nahe sein. Da nun aber ein anziehender Körper von beträchtlicher Masse in sehr kleiner Entfernung von der Sonne sich in den Bewegungen unseres Planetensystems nicht verraten hat, so wird man auf seine sehr kleine Entfernung von einem Sterne, als auf die einzig statthafte Erklärung der im Laufe eines Jahrhunderts merklich werdenden Veränderung in der eigenen Bewegung des letzteren, zurückgewiesen." In einem Briefe an mich (Juli 1844) heißt es (ich hatte scherzend einige Besorgnis über die Gespensterwelt der dunklen Gestirne geäußert): „Allerdings beharre ich in dem Glauben, daß Procyon und Sirius wahre Doppelsterne sind, bestehend aus einem sichtbaren und einem unsichtbaren Sterne. Es ist kein Grund vorhanden, das Leuchten für eine wesentliche Eigenschaft der Körper zu halten. Daß zahllose Sterne sichtbar sind, beweist offenbar nichts gegen das Dasein ebenso zahlloser unsichtbarer. Die physische Schwierigkeit, die einer Veränderlichkeit in der

eigenen Bewegung, wird befriedigend durch die Hypothese dunkler Sterne beseitigt. Man kann die einfache Voraussetzung nicht tadeln, daß eine Veränderung der Geschwindigkeit nur infolge einer Kraft stattfindet und daß die Kräfte nach den Newtonschen Gesetzen wirken."

Ein Jahr nach Bessels Tode hat Fuß auf Struves Veranlassung die Untersuchung über die Anomalieen von Procyon und Sirius, teils durch neue Beobachtungen am Ertelschen Meridianfernrohr zu Pulkowa, teils durch Reduktionen und Vergleichung mit dem früher Beobachteten erneuert. Das Resultat ist nach der Meinung von Struve und Fuß gegen die Besselsche Behauptung ausgefallen. Eine große Arbeit, die Peters in Königsberg eben vollendet hat, rechtfertigt die Besselschen Behauptungen, wie eine ähnliche von Schubert, dem Kalkulator am nordamerikanischen Nautical Almanac.

Der Glaube an die Existenz nicht leuchtender Sterne war schon im griechischen Altertume und besonders in der frühesten christlichen Zeit verbreitet. Man nahm an, daß „zwischen den feurigen Sternen, die sich von den Dünsten nähren, sich noch einige andere erdartige Körper bewegen, welche uns unsichtbar bleiben." Das völlige Verlöschen der neuen Sterne, besonders der von Tycho und Kepler so sorgfältig beobachteten in der Kassiopeia und im Schlangenträger, schien dieser Meinung eine festere Stütze zu geben. Weil damals vermutet wurde, der erste dieser Sterne sei schon zweimal vorher und zwar in Abständen von ungefähr 300 Jahren aufgelodert, so konnte die Idee der Vernichtung und völligen Auflösung keinen Beifall finden. Der unsterbliche Verfasser der Mécanique céleste gründet seine Ueberzeugung von dem Dasein nicht leuchtender Massen im Weltall auf dieselben Erscheinungen von 1572 und 1604. „Ces astres devenus invisibles après avoir surpassé l'éclat de Jupiter même, n'ont point changé de place durant leur apparition. (Der Lichtprozeß hat bloß in ihnen aufgehört.) Il existe donc dans l'espace céleste des corps opaques aussi considérables et peut-être en aussi grands nombres que les étoiles." Ebenso sagt Mädler in den Untersuchungen über die Fixsternsysteme: „Ein dunkler Körper könnte Centralkörper sein; er könnte wie unsere Sonne in unmittelbarer Nähe nur von dunklen Körpern, wie unsere Planeten sind, umgeben sein. Die von Bessel angedeuteten Bewegungen von Sirius und Procyon nötigen(?) sogar zu der Annahme, daß es Fälle gibt, wo leuchtende Körper

die Satelliten dunkler Massen bilden." Es ist schon früher erinnert worden, daß solche Massen von einigen Anhängern der Emanationstheorie für zugleich unsichtbar und doch lichtstrahlend gehalten werden; unsichtbar, wenn sie von so ungeheuren Dimensionen sind, daß die ausgesandten Lichtstrahlen (Lichtmolekülen), durch Anziehungskräfte zurückgehalten, eine gewisse Grenze nicht überschreiten können. Gibt es, wie es wohl annehmbar ist, dunkle, unsichtbare Körper in den Welträumen, solche, in welchen der Prozeß lichterzeugender Schwingungen nicht stattfindet, so müssen diese dunklen Körper nicht in den Umfang unseres Planeten- und Kometensystemes fallen oder doch nur von sehr geringer Masse sein, weil ihr Dasein sich uns nicht durch bemerkbare Störungen offenbart.

Die Untersuchung der Bewegung der Fixsterne in Quantität und Richtung (der wahren ihnen eigenen Bewegung wie der bloß scheinbaren durch Veränderung des Ortes der Beobachtung in der durchlaufenen Erdbahn hervorgebrachten), die Bestimmung der Entfernung der Fixsterne von der Sonne durch Ergründung ihrer Parallaxen, die Vermutungen über den Ort im Weltraum, nach dem hin unser Planetensystem sich bewegt, sind drei Aufgaben der Astronomie, welche durch die Hilfsmittel der Beobachtung, deren man sich zu ihrer teilweisen Lösung glücklich bedient hat, in naher Verbindung miteinander stehen. Jede Vervollkommnung der Instrumente und der Methoden, die man zur Förderung einer dieser schwierigen und verwickelten Arbeiten angewandt hat, ist für die andere ersprießlich geworden. Ich ziehe vor, mit den Parallaxen und der Bestimmung des Abstandes einiger Fixsterne zu beginnen, um das zu vervollständigen, was sich vorzugsweise auf unsere jetzige Kenntnis der isoliert stehenden Fixsterne bezieht.

Schon Galilei hat im Anfang des 17. Jahrhunderts die Idee angeregt, den „gewiß überaus ungleichen Abstand der Fixsterne von dem Sonnensysteme zu messen", ja schon zuerst mit großem Scharfsinn das Mittel angegeben, die Parallaxe aufzufinden, nicht durch die Bestimmung der Entfernung eines Sternes vom Scheitelpunkte oder dem Pole, sondern „durch sorgfältige Vergleichung eines Sternes mit einem anderen, sehr nahestehenden". Es ist in sehr allgemeinen Ausdrücken die Angabe des mikrometrischen Mittels, dessen sich später William Herschel (1781), Struve und Bessel bedient haben. „Perche io non credo," sagt Galilei in dem dritten Gespräche

(Giornata terza), „che tutte le stelle siano sparse in una sferica superficie *egualmente distanti da un centro;* ma stimo, che le loro lontananze da noi siano talmente varie, che alcune ve ne possano esser 2 e 3 volte più remote di alcune altre; talchè quando si trovasse col Telescopio *qualche picciolissima stella vicinissima ad alcuna delle maggiori*, e che però quella fusse altissima, *potrebbe accadere, che qualche sensibil mutazione succedesse tra di loro.*“ Mit dem kopernikanischen Weltsysteme war dazu noch gleichsam die Forderung gegeben, durch Messungen numerisch den Wechsel der Richtung nachzuweisen, welchen die halbjährige Ortsveränderung der Erde in ihrer Bahn um die Sonne in der Lage der Fixsterne hervorbringen müsse. Da die von Kepler so glücklich benutzten Tychonischen Winkelbestimmungen, wenn sie gleich bereits (wie schon einmal bemerkt) die Sicherheit von einer Bogenminute erreichten, noch keine parallaktische Veränderung in der scheinbaren Position der Fixsterne zu erkennen gaben, so diente den Kopernikanern lange als Rechtfertigung der beruhigende Glaube, daß der Durchmesser der Erdbahn (41⅓ Millionen geogr. Meilen = 308 Millionen km) zu gering sei im Verhältnis der übergroßen Entfernung der Fixsterne.

Die Hoffnung der Bemerkbarkeit einer Parallaxe mußte demnach als abhängig erkannt werden von der Vervollkommnung der Seh- und Meßinstrumente und von der Möglichkeit, sehr kleine Winkel mit Sicherheit zu bestimmen. Solange man nur einer Minute gewiß war, bezeugte die nicht bemerkte Parallaxe nur, daß die Fixsterne über 3438 Erdweiten (Halbmesser der Erdbahn, Abstand der Erde von der Sonne) entfernt sein müssen. Diese untere Grenze der Entfernung stieg bei der Sicherheit einer Sekunde in den Beobachtungen des großen Astronomen James Bradley bis 206265; sie stieg in der glänzenden Epoche Fraunhoferscher Instrumente (bei unmittelbarer Messung von ungefähr dem zehnten Teil einer Bogensekunde) bis 2062648 Erdweiten. Die Bestrebungen und so scharfsinnig ausgedachten Zenithalvorrichtungen von Newtons großem Zeitgenossen Robert Hooke (1669) führten nicht zum bezweckten Ziele. Picard, Horrebow, welcher Römers gerettete Beobachtungen bearbeitete, und Flamsteed glaubten Parallaxen von mehreren Sekunden gefunden zu haben, weil sie die eigenen Bewegungen der Sterne mit den wahren parallaktischen Veränderungen verwechselten.

Dagegen war der scharfsinnige John Michell (Philos. Transact. 1767, Vol. LVII, p. 234—264) der Meinung, daß die Parallaxen der nächsten Fixsterne geringer als 0,02″ sein müßten und dabei nur „durch 12000malige Vergrößerung erkennbar" werden könnten. Bei der sehr verbreiteten Meinung, daß der vorzügliche Glanz eines Sternes immer eine geringere Entfernung andeuten müsse, wurden Sterne 1. Größe: Wega, Aldebaran, Sirius und Procyon, der Gegenstand nicht glücklicher Beobachtungen von Calandrelli und dem verdienstvollen Piazzi (1805). Sie sind denen beizuzählen, welche (1815) Brinkley in Dublin veröffentlichte und die 10 Jahre später von Pond und besonders von Airy widerlegt wurden. Eine sichere, befriedigende Kenntnis von Parallaxen beginnt erst, auf mikrometrische Abstandsmessungen gegründet, zwischen den Jahren 1832 und 1838.

Obgleich Peters in seiner wichtigen Arbeit über die Entfernung der Fixsterne (1846) die Zahl der schon aufgefundenen Parallaxen zu 33 angibt, so beschränken wir uns hier auf die Angabe von 9, die ein größeres, doch aber sehr ungleiches Vertrauen verdienen und die wir nach dem ungefähren Alter ihrer Bestimmungen aufführen:

Fixsterne	Parallaxen	wahrscheinliche Fehler	Namen der Beobachter
α Centauri	0,913″	0,070″	Henderson und Maclear
61 Cygni	0,3744″	0,020″	Bessel
Sirius	0,230″		Henderson
1830 Groombridge	0,226″	0,141″	Peters
ε Ursae maj.	0,133″	0,106″	Peters
Arcturus	0,127″	0,073″	Peters
α Lyrae	0,207″	0,038″	Peters
Polaris	0,106″	0,012″	Peters
Capella	0,046″	0,200″	Peters

Den ersten Platz verdient der durch Bessel so berühmt gewordene 61. Stern im Sternbilde des Schwans. Der

Königsberger Astronom hat schon 1812 die große eigene Bewegung, aber erst 1838 die Parallaxe dieses Doppelsternes (unter 6. Größe) durch Anwendung des Heliometers bestimmt. Meine Freunde Arago und Mathieu machten vom August 1812 bis November 1813 eine Reihe zahlreicher Beobachtungen, indem sie zur Auffindung der Parallaxe die Entfernung des Sterns 61 Cygni vom Scheitelpunkt maßen. Sie gelangten durch ihre Arbeit zu der sehr richtigen Vermutung, daß die Parallaxe jenes Fixsternes geringer als eine halbe Sekunde sei.[7] Noch in den Jahren 1815 und 1816 war Bessel, wie er sich selbst ausdrückt, „zu keinem annehmbaren Resultate" gekommen.[8] Erst die Beobachtungen von August 1837 bis Oktober 1838 führten ihn durch Benutzung des 1829 aufgestellten großen Heliometers zu der Parallaxe von 0,3483", der ein Abstand von 592 200 Erdweiten und ein Lichtweg von 9¼ Jahren entsprechen. Peters bestätigte (1842) diese Angabe, indem er 0,3490" fand, aber später das Besselsche Resultat durch Wärmekorrektion in 0,3744" umwandelte.[9]

Die Parallaxe des schönsten Doppelsternes am südlichen Himmel, α Centauri, ist durch Beobachtungen am Vorgebirge der guten Hoffnung von Henderson 1832, von Maclear 1839 zu 0,9128" bestimmt worden.[10] Es ist demnach der nächste aller bisher gemessenen Fixsterne 3mal näher als 61 Cygni.

Die Parallaxe von α Lyrae ist lange der Gegenstand der Beobachtungen von Struve gewesen. Die früheren Beobachtungen (1836) gaben[11] zwischen 0,07" und 0,18", spätere 0,2613" und einen Abstand von 771 400 Erdweiten mit einem Lichtweg von 12 Jahren; aber Peters hat den Abstand dieses hellleuchtenden Sternes noch viel größer gefunden, da er die Parallaxe nur zu 0,103" angibt. Dieses Resultat kontrastiert mit einem anderen Stern 1ᵐ (α Centauri) und einem 6ᵐ (61 Cygni).

Die Parallaxe des Polarsternes ist von Peters nach vielen Vergleichungen in den Jahren 1818 bis 1838 zu 0,106" bestimmt worden, und um so befriedigender, als sich aus denselben Vergleichungen die Aberration 20,455" ergibt.

Die Parallaxe von Arcturus ist nach Peters 0,127" (Rümkers frühere Beobachtungen am Hamburger Meridiankreise hatten sie um vieles größer gegeben). Die Parallaxe eines anderen Sternes 1. Größe, Capella, ist noch geringer, nach Peters 0,046".

Der Stern 1830 des Katalogus von Groombridge, welcher

nach Argelander unter allen bisher am Firmament beobachteten Sternen die größte eigene Bewegung zeigte, hat eine Parallaxe von 0,226″, nach 48 von Peters in den Jahren 1842 und 1843 sehr genau beobachteten Zenithaldistanzen. Faye hatte sie 5mal größer (1,08″) geglaubt, größer als die Parallaxe von α Centauri.

Die bisher erlangten Resultate ergeben gar nicht im allgemeinen, daß die hellsten Sterne zugleich die uns näheren sind. Wenn auch die Parallaxe von α Centauri die größte aller bis jetzt bekannten ist, so haben dagegen Wega der Leier, Arcturus, und besonders Capella, eine 3 bis 8mal kleinere Parallaxe als ein Stein 6. Größe im Schwan. Auch die zwei Sterne, welche nach 2151 Puppis und ε Indi die schnellste eigene Bewegung zeigen, der ebengenannte Stern des Schwans (Bewegung von 5,123″ im Jahre), und Nr. 1830 von Groombridge, den man in Frankreich „Argelanders Stern" nennt (Bewegung 6,974″), sind der Sonne 3 und 4mal so fern als α Centauri mit der eigenen Bewegung von 3,58″. Volum, Masse, Intensität des Lichtprozesses, eigene Bewegung[12] und Abstand von unserem Sonnensystem stehen gewiß in mannigfaltig verwickeltem Verhältnisse zu einander. Wenn es daher auch im allgemeinen wahrscheinlich sein mag, daß die hellsten Sterne die näheren sind, so kann es doch im einzelnen sehr entfernte kleine Sterne geben, deren Photosphäre und Oberfläche nach der Natur ihrer physischen Beschaffenheit einen sehr intensiven Lichtprozeß unterhalten. Sterne, die wir ihres Glanzes wegen zur ersten Ordnung rechnen, können uns daher entfernter liegen als Sterne 4. bis 6. Größe. Steigen wir von der Betrachtung der großen Sternenschicht, von welcher unser Sonnensystem ein Teil ist, zu dem untergeordneten Partikularsysteme unserer Planetenwelt oder zu dem noch tieferen der Saturns- und Jupitersmonde stufenweise herab, so sehen wir auch die Centralkörper von Massen umgeben, in denen die Reihenfolge der Größe und der Intensität des reflektierten Lichtes von den Abständen gar nicht abzuhängen scheint. Die unmittelbare Verbindung, in welcher unsere noch so schwache Kenntnis der Parallaxen mit der Kenntnis der ganzen Gestaltung des Weltbaues steht, gibt den Betrachtungen, welche sich auf die Entfernung der Fixsterne beziehen, einen eigenen Reiz.

Der menschliche Scharfsinn hat zu dieser Klasse von Untersuchungen Hilfsmittel erdacht, welche von den gewöhn-

lichen ganz verschieden sind und, auf die Geschwindigkeit des Lichtes gegründet, hier eine kurze Erwähnung verdienen. Der den physikalischen Wissenschaften so früh entrissene Savary hat gezeigt, wie die Aberration des Lichtes bei Doppelsternen zur Bestimmung der Parallaxe benutzt werden könne. Wenn nämlich die Ebene der Bahn, welche der Nebelstern um den Centralkörper beschreibt, nicht auf der Gesichtslinie von der Erde zu dem Doppelstern senkrecht steht, sondern nahe in diese Gesichtslinie selbst fällt, so wird der Nebenstern in seinem Laufe ebenfalls nahe eine gerade Linie zu beschreiben scheinen und die Punkte der der Erde zugekehrten Hälfte seiner Bahn werden alle dem Beobachter näher liegen als die entsprechenden Punkte der zweiten, von der Erde abgewandten Hälfte. Eine solche Teilung in zwei Hälften bringt nur für den Beobachter (nicht in Wirklichkeit) eine ungleiche Geschwindigkeit hervor, in welcher der Nebenstern in seiner Bahn sich von ihm entfernt oder sich ihm nähert. Ist nun der Halbmesser jener Bahn so groß, daß das Licht mehrere Tage oder Wochen gebraucht, um ihn zu durchlaufen [s. Zus. am Schluß des Bandes], so wird die Zeit der halben Revolution in der abgewandten entfernteren Seite größer ausfallen als die Zeit in der dem Beobachter zugekehrten Seite. Die Summe beider ungleichen Zahlen der Dauer bleibt der wahren Umlaufszeit gleich; denn die von der Geschwindigkeit des Lichtes verursachten Ungleichheiten heben sich gegenseitig auf. Aus diesen Verhältnissen der Dauer nun lassen sich, nach Savarys sinnreicher Methode, wenn Tage und Teile der Tage in ein Längenmaß verwandelt werden (3589 Mill. geogr. Meilen = 26 632 Mill. km durchläuft das Licht in 24 Stunden), die absolute Größe des Halbmessers der Bahn, und durch die einfache Bestimmung des Winkels, unter welchem der Halbmesser sich dem Beobachter darbietet, die Entfernung des Centralkörpers und seine Parallaxe ableiten.

Wie die Bestimmung der Parallaxe uns über die Abstände einer geringen Zahl von Fixsternen und über die ihnen anzuweisende Stelle im Weltraume belehrt, so leitet die Kenntnis des Maßes und der Richtung eigener Bewegung, d. h. der Veränderungen, welche die relative Lage selbstleuchtender Gestirne erfährt, auf zwei voneinander abhängige Probleme, die der Bewegung des Sonnensystemes und der Lage des Schwerpunktes des ganzen Fixsternhimmels. Was sich

bisher nur sehr unvollständig auf Zahlenverhältnisse zurückführen läßt, ist schon deshalb nicht geeignet, den ursachlichen Zusammenhang mit Klarheit zu offenbaren. Von den beiden obengenannten Problemen hat nur das erste, besonders nach Argelanders trefflichen Untersuchungen, mit einem gewissen Grade befriedigender Bestimmtheit gelöst werden können; das zweite, mit vielem Scharfsinn von Mädler behandelt, entbehrt, bei dem Spiel so vieler sich ausgleichender Kräfte, nach dem eigenen Geständnis dieses Astronomen in der unternommenen Lösung „aller Evidenz eines vollständigen, wissenschaftlich genügenden Beweises".

Wenn sorgfältig abgezogen wird, was dem Vorrücken der Nachtgleichen, der Nutation der Erdachse, der Abirrung des Lichtes und einer durch den Umlauf um die Sonne erzeugten parallaktischen Veränderung angehört, so ist in der übrig bleibenden jährlichen Bewegung der Fixsterne immer zugleich das enthalten, was die Folge der Translation des ganzen Sonnensystemes im Weltraume und die Folge der wirklichen Eigenbewegung der Fixsterne ist. In der herrlichen Arbeit Bradleys über die Nutation, in seiner großen Abhandlung vom Jahre 1748, findet sich die erste Ahnung der Translation des Sonnensystemes und gewissermaßen auch die Angabe der vorzüglichsten Beobachtungsmethode. „Wenn man erkennt," heißt es dort,[13] „daß unser Planetensystem seinen Ort verändert im absoluten Raume, so kann daraus in der Zeitfolge eine scheinbare Variation in der Angulardistanz der Fixsterne sich ergeben. Da nun in diesem Falle die Position der uns näheren Gestirne mehr als die der entfernteren beteiligt ist, so werden die relativen Stellungen beider Klassen von Gestirnen zu einander verändert scheinen, obgleich eigentlich alle unbewegt geblieben sind. Wenn dagegen unser Sonnensystem in Ruhe ist und einige Sterne sich wirklich bewegen, so werden sich auch ihre scheinbaren Positionen verändern, und zwar um so mehr, als die Bewegungen schneller sind, als die Sterne in einer günstigen Lage und in kleinerer Entfernung von der Erde sich befinden. Die Veränderung der relativen Position kann von einer so großen Zahl von Ursachen abhängen, daß vielleicht viele Jahrhunderte hingehen werden, ehe man das Gesetzliche erkennen wird."

Nachdem seit Bradlay bald die bloße Möglichkeit, bald die größere oder geringere Wahrscheinlichkeit der Bewegung

des Sonnensystemes in den Schriften von Tobias Mayer, Lambert und Lalande erörtert worden war, hatte William Herschel das Verdienst, zuerst die Meinung durch wirkliche Beobachtung (1783, 1805 und 1806) zu befestigen. Er fand, was durch viele spätere und genauere Arbeiten bestätigt und näher begrenzt worden ist, daß unser Sonnensystem sich nach einem Punkte hinbewegt, welcher nahe dem Sternbilde des Herkules liegt, in RA. 260° 44′ und nördlicher Dekl. 26° 16′ (auf 1800 reduziert). Argelander fand (aus Vergleichung von 319 Sternen und mit Beachtung von Lundahls Untersuchungen) für 1800, RA. 257° 54,1′, Dekl. + 28° 49,2′, für 1850 RA. 258° 23,5′, Dekl. + 28° 45,6; Otto Struve (aus 392 Sternen) für 1800 RA. 261° 26,9′, Dekl. + 37° 35,5′ für 1850 RA. 261° 52,6′, Dekl. 37° 33,0′. Nach Gauß [11] fällt die gesuchte Stelle in ein Viereck, dessen Endpunkte sind: RA. 258° 40′, Dekl. 30° 40′, 258° 42′ + 30° 57′, 259° 13′ + 31° 9′, 260° 4′ + 30° 33′. Es blieb noch übrig zu versuchen, welches Resultat man erhalten würde, wenn man allein solche Sterne der südlichen Hemisphäre anwendete, die in Europa nie über den Horizont kommen. Dieser Untersuchung hat Galloway einen besonderen Fleiß gewidmet. Er hat sehr neue Bestimmungen (1830) von Johnson auf St. Helena und von Henderson am Vorgebirge der guten Hoffnung mit alten Bestimmungen von Lacaille und Bradley (1750 und 1757) verglichen. Das Resultat ist gewesen (für 1790) RA. 260° 0′, Dekl. 34° 23′, also für 1800 und 1850 260° 5′ + 34° 22′ und 260° 33′ + 34° 20′. Diese Uebereinstimmung mit den Resultaten aus den nördlichen Sternen ist überaus befriedigend.

Ist demnach die Richtung der fortschreitenden Bewegung unseres Sonnensystemes innerhalb mäßiger Grenzen bestimmt worden, so entsteht sehr natürlich die Frage, ob die Fixsternwelt, gruppenweise verteilt, nur aus nebeneinander bestehenden *Partialsystemen* zusammengesetzt sei, oder ob eine allgemeine Beziehung, ein Kreisen aller selbstleuchtenden Himmelskörper (Sonnen) um einen, entweder *mit Masse ausgefüllten* oder *leeren, unausgefüllten Schwerpunkt* gedacht werden müsse. Wir treten hier in das Gebiet bloßer Vermutungen, solcher, denen man zwar eine wissenschaftliche Form geben kann, die aber keineswegs, bei der Unvollständigkeit des vorliegenden Materials von Beobachtungen und Analogieen, zu der Evidenz führen können, deren sich andere

Teile der Astronomie erfreuen. Einer gründlichen mathematischen Behandlung solcher schwer lösbaren Probleme steht besonders entgegen unsere Unkenntnis der Eigenbewegung einer grenzenlosen Menge sehr kleiner Sterne (10ᵐ bis 14ᵐ), welche vornehmlich in dem so wichtigen Teile der Sternschicht, der wir angehören, in den Ringen der Milchstraße, zwischen hellleuchtenden zerstreut erscheinen. Die Betrachtung unserer Planetenkreise, in welchen man von den kleinen Partialsystemen der Monde des Jupiter, des Saturn und des Uranus zu dem höheren, dem allgemeinen Sonnensysteme, aufsteigt, hat leicht zu dem Glauben verleitet, daß man sich die Fixsterne auf eine analoge Weise in viele einzelne Gruppen geteilt und durch weite Zwischenräume geschieden, wiederum (in höherer Beziehung solcher Gruppen gegeneinander) der überwiegenden Anziehungskraft eines großen Centralkörpers (einer einigen Weltsonne) unterworfen denken könne. Die hier berührte, auf die Analogie unseres Sonnensystemes gestützte Schlußfolge ist aber durch die bisher beobachteten Thatsachen widerlegt. In den vielfachen Sternen kreisen zwei oder mehrere selbstleuchtende Gestirne (Sonnen) nicht umeinander, sondern um einen weit außer ihnen liegenden Schwerpunkt. Allerdings findet in unserem Planetensysteme insofern etwas Aehnliches statt, als die Planeten sich auch nicht eigentlich um den Mittelpunkt des Sonnenkörpers selbst, sondern um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt aller Massen des Systemes bewegen. Dieser gemeinsame Schwerpunkt aber fällt, nach der relativen Stellung der großen Planeten Jupiter und Saturn, bald in den körperlichen Umfang der Sonne, bald (und dieser Fall tritt häufig ein) außerhalb dieses Umfanges. Der Schwerpunkt, welcher in den Doppelsternen leer ist, ist demnach im Sonnensysteme bald leer, bald mit Materie erfüllt. Was man über die Möglichkeit der Annahme eines dunkeln Centralkörpers im Schwerpunkt der Doppelsterne oder ursprünglich dunkler, aber schwach durch fremdes Licht erleuchteter, um sie kreisender Planeten ausgesprochen, gehört in das vielfach erweiterte Reich der mythischen Hypothesen.

Ernster und einer gründlichen Untersuchung würdiger ist die Betrachtung, daß, unter der Voraussetzung einer Kreisbewegung sowohl für unser ganzes, seinen Ort veränderndes Sonnensystem als für alle Eigenbewegungen der so verschieden entfernten Fixsterne, das Centrum der Kreisbewegungen

90° von dem Punkte entfernt liegen müsse, nach welchem unser Sonnensystem sich hinbewegt. In dieser Ideenverbindung wird die Lage der mit *starker* oder sehr *schwacher* Eigenbewegung begabten Sterne von großem Moment. Argelander hat mit Vorsicht und dem ihm eigenen Scharfsinn den Grad der Wahrscheinlichkeit geprüft, mit der man in unserer Sternschicht ein allgemeines Centrum der Attraktion in der Konstellation des *Perseus*[15] suchen könne. Mädler, die Annahme der Existenz eines zugleich an Masse überwiegenden und den allgemeinen Schwerpunkt ausfüllenden Centralkörpers verwerfend, sucht den Schwerpunkt allein in der Plejadengruppe, und zwar in der Mitte dieser Gruppe, in oder nahe[16] dem hellen Stern η Tauri (Alcyone). Es ist hier nicht der Ort, die Wahrscheinlichkeit oder nicht hinlängliche Begründung[17] einer solchen Hypothese zu erörtern. Dem so ausgezeichnet thätigen Direktor der Sternwarte zu Dorpat bleibt das Verdienst, bei seiner mühevollen Arbeit die Position und Eigenbewegung von mehr als 800 Fixsternen geprüft und zugleich Untersuchungen angeregt zu haben, welche, wenn sie auch nicht sicher zur Lösung des großen Problems selbst führen, doch geeignet sind, Licht über verwandte Gegenstände der physischen Astronomie zu verbreiten.

Anmerkungen.

[1] (S. 188.) Gegenwärtig unterscheidet man nebst dem Centralkörper der Sonne acht Hauptplaneten, von denen sechs zusammen 20 Satelliten darbieten. Die Zahl der Planetoiden oder Asteroiden betrug bis Oktober 1882 im ganzen 231 und ist seither durch neue Entdeckungen beständig vermehrt worden. -- | D. Herausg. |

[2] (S. 189.) Die Betrachtung bezog sich aber bloß auf die Variationen in der Breite; Jacques Cassini fügte zuerst Variationen in der Länge hinzu.

[3] (S. 189.) Die Eigenbewegung des Arcturus, 2,25″, kann, als die eines sehr hellen Sternes, im Vergleich mit Aldebaran, 0,185″, und α Lyrae, 0,400″, groß genannt werden. Unter den Sternen 1. Größe macht α Centauri mit der sehr starken Eigenbewegung 3,58″ eine sehr merkwürdige Ausnahme. Die eigene Bewegung des Doppelsternsystems des Schwanes beträgt nach Bessel 5,123″.

[4] (S. 190.) D'Arrest gründet das Resultat auf Vergleichungen von Lacaille (1750) mit Brisbane (1825) und von Brisbane mit Taylor (1835). Der Stern 2151 Puppis des Schiffes hat Eigenbewegung 7,871″ und ist 6^m.

[5] (S. 191.) Lambert zeigt in den kosmologischen Briefen eine auffallende Neigung zur Annahme großer dunkler Weltkörper.

[6] (S. 192.) Opere di Galileo Galilei Vol. XII, Milano 1811, p. 206. Diese denkwürdige Stelle, welche die Möglichkeit und das Projekt einer Messung ausdrückt, ist von Arago aufgefunden worden.

[7] (S. 195.) Arago in der Connaissance des tems pour 1834, p. 281: „Nous observâmes avec beaucoup de soin, Mr. Mathieu et moi, pendant le mois d'août 1812 et pendant le mois de Novembre suivant, la hauteur angulaire, de l'étoile au-dessus de l'horizon de Paris. Cette hauteur, à la seconde époque, ne surpasse la hauteur angulaire à la première que de 0,66″. Une parallaxe absolue d'une seule seconde aurait nécessairement amené entre ces deux hauteurs une différence de 1.2″. Nos observations n'indiquent donc pas que le rayon de l'orbite terrestre, que 39 millions de lieues soient vus de

la 61e du Cygne sous un angle de plus d'*une demi-seconde*. Mais une base vue perpendiculairement soutend un angle d'une demi-seconde quand on en est éloigné de 412 mille fois sa longueur. Donc la 61e du Cygne est *au moins* à une distance de la Terre égale à 412 mille fois 39 millions de lieues."

[8] (S. 195.) Bessel veröffentlichte 1839 das Resultat 0,3136" als eine erste Annäherung. Sein schließliches späteres Resultat war 0,3483". Peters fand durch eigene Beobachtung fast identisch 0,3490". Die Aenderung, welche nach Bessels Tode Prof. Peters mit der Besselschen Berechnung der durch das Königsberger Heliometer erhaltenen Winkelmessungen gemacht hat, beruht darauf, daß Bessel versprach, den Einfluß der Temperatur auf die Resultate des Heliometers einer nochmaligen Untersuchung zu unterwerfen. Das hat er allerdings auch teilweise in dem ersten Bande seiner Astronomischen Untersuchungen gethan, er hat aber die Temperaturkorrektion nicht auf Parallaxenbeobachtungen angewandt. Diese Anwendung ist von Peters geschehen, und dieser ausgezeichnete Astronom findet durch die Temperaturkorrektionen 0,3744" statt 0,3483".

[9] (S. 195.) Diese 0,3744" geben nach Argelander: Abstand des Doppelsterns 61 Cygni von der Sonne 550 900 mittlere Abstände der Erde von der Sonne oder 11 394 000 Millionen Meilen, eine Distanz, die das Licht in 3177 mittleren Tagen durchläuft. Durch die drei aufeinander folgenden Angaben der Besselschen Parallaxen, 0,3136", 0,3483" und 0,3744", ist uns (scheinbar) der berühmte Doppelstern allmählich näher gekommen, in Lichtwegen von 10, 9¼ und 8⁷/₁₀ Jahren.

[10] (S. 195.) Mädler gibt für α Cent. statt 0,9128" die Parallaxe 0,9213".

[11] (S. 195.) Airy hält die Parallaxe von α Lyrae, welche Peters schon bis 0,1" vermindert hat, für noch kleiner, d. h. für zu gering, um für unsere jetzigen Instrumente meßbar zu sein.

[12] (S. 196.) Vergl. über das Verhältnis der Größe eigener Bewegung zur Nähe der hellleuchtendsten Sterne. Struve, Stellarum composit. Mensurae micrometricae p. CLXIV.

[13] (S. 198.) Arago hat zuerst auf diese merkwürdige Stelle Bradleys aufmerksam gemacht.

[14] (S. 199.) Nach einem Briefe an mich.

[15] (S. 201.) Nicht durch numerische Untersuchungen geleitet, sondern nach phantasiereichen Ahnungen hatten früh schon Kant den Sirius, Lambert den Nebelfleck im Gürtel des Orion für den Centralkörper unserer Sternenschicht erklärt.

[16] (S. 201.) (Alcyone liegt RA. 54° 30′, Dekl. 23° 36′ für das Jahr 1840.) Wäre die Parallaxe der Alcyone wirklich 0,0065", so würde ihre Entfernung 31½ Millionen Halbmesser der Erdbahn betragen, sie also 50mal entfernter von uns sein, als nach Bessels ältester Bestimmung der Abstand des Doppelsternes 61 Cygni ist.

Das Licht, welches in 8′ 18,2″ von der Sonne zur Erde kommt, würde dann 500 Jahre von der Alcyone zur Erde brauchen. Die Phantasie der Griechen gefiel sich in wilden Schätzungen von Fallhöhen. In des Hesiodus Theogonia v. 722—725 heißt es vom Sturz der Titanen in den Tartarus: „Wenn neun Tage und Nächte dereinst ein eherner Amboß fiele vom Himmel herab, am zehenten käm' er zur Erde . . . . .“ Der Fallhöhe in 777 600 Zeitsekunden entsprechen für den Amboß 77 356 geogr. Meilen (mit Rücksicht auf die, in planetarischen Entfernungen starke Abnahme der Anziehungskraft der Erde nach Galles Berechnung), also das $1\frac{1}{2}$fache der Entfernung des Mondes von der Erde. Aber nach Ilias I. 592 fiel Hephästos schon in einem Tage auf Lemnos herab, und „atmete nur noch ein wenig“. Die Länge der vom Olymp zur Erde herabhängenden Kette, an der alle Götter versuchen sollen, den Zeus herabzuziehen, bleibt unbestimmt; es ist nicht ein Bild der Himmelshöhe, sondern der Stärke und Allmacht Jupiters.

[17] (S. 201.) Vergl. die Zweifel von Peters und Sir John Herschel: „In the present defective state of our knowledge respecting the proper motion of the smaller stars, we cannot but regard all attempts of the kind as to a certain extent premature, though by no means to be discouraged as forerunners of something more decisive.“

VI.

Die vielfachen oder Doppelsterne. — Ihre Zahl und ihr gegenseitiger Abstand. — Umlaufszeit von zwei Sonnen um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt.

Wenn man in den Betrachtungen über die Fixsternsysteme von den geahneten allgemeineren, höheren, zu den speziellen, niederen, herabsteigt, so gewinnt man einen festeren, zur unmittelbaren Beobachtung mehr geeigneten Boden. In den vielfachen Sternen, zu denen die binären oder Doppelsterne gehören, sind mehrere selbstleuchtende Weltkörper (Sonnen) durch gegenseitige Anziehung miteinander verbunden, und diese Anziehung ruft notwendig Bewegungen in geschlossenen krummen Linien hervor. Ehe man durch wirkliche Beobachtung den Umlauf der Doppelsterne erkannte, waren solche Bewegungen in geschlossenen Kurven nur in unserem planetenreichen Sonnensystem bekannt. Auf diese scheinbare Analogie wurden voreilig Schlüsse gegründet, die lange auf Irrwege leiten mußten. Da man mit dem Namen Doppelstern jedes Sternpaar bezeichnete, in welchem eine sehr große Nähe dem unbewaffneten Auge die Trennung der beiden Sterne nicht gestattet (wie in Castor, α Lyrae, ζ Orionis, α Centauri), so mußte diese Benennung sehr natürlich zwei Klassen von Sternpaaren begreifen, solche, die durch ihre zufällige Stellung in Beziehung auf den Standpunkt des Beobachters einander genähert scheinen, aber ganz verschiedenen Abständen und Sternschichten zugehören, und solche, welche, einander näher gerückt, in gegenseitiger Abhängigkeit oder Attraktion und Wechselwirkung zu einander stehen und demnach ein eigenes, partielles Sternsystem bilden. Die ersteren nennt man nach nun schon langer Gewohnheit optische, die zweite Klasse physische Doppelsterne. Bei

sehr großer Entfernung und bei Langsamkeit der elliptischen Bewegung können mehrere der letzteren mit den ersteren verwechselt werden. Alkor, mit dem die arabischen Astronomen sich viel beschäftigt haben, weil der kleine Stern bei sehr reiner Luft und scharfen Gesichtsorganen dem bloßen Auge sichtbar wird, bildet (um hier an einen sehr bekannten Gegenstand zu erinnern) mit ζ im Schwanz des großen Bären im weitesten Sinne des Wortes eine solche optische Verbindung ohne nähere physische Abhängigkeit. Von Schwierigkeit des Trennens, welche dem unbewaffneten Auge darbieten die sehr ungleiche Lichtintensität nahe gelegener Sterne, der Einfluß der Ueberstrahlung und der Sternschwänze, wie die organischen Fehler, die das undeutliche Sehen hervorbringen, habe ich schon oben im 2. und 3. Abschnitte gehandelt.[1]

Galilei, ohne die Doppelsterne zu einem besonderen Gegenstande seiner teleskopischen Beobachtungen zu machen (woran ihn auch die große Schwäche seiner Vergrößerungen würde gehindert haben), erwähnt in einer berühmten, schon von Arago bezeichneten Stelle der Giornata terza seiner Gespräche den Gebrauch, welchen die Astronomen von optischen Doppelsternen (quando si trovasse nel telescopio qualche picciolissima stella, vicinissima ad alcuna delle maggiori) zur Auffindung einer Fixsternparallaxe machen könnten.[2] Bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts waren in den Sternverzeichnissen kaum 20 Doppelsterne aufgeführt, wenn man diejenigen ausschließt, welche weiter als 32″ voneinander abstehen; jetzt, hundert Jahre später, sind (Dank sei es hauptsächlich den großen Arbeiten von Sir William Herschel, Sir John Herschel und Struve!) in beiden Hemisphären an 6000 aufgefunden. Zu den ältesten beschriebenen Doppelsternen gehören: ζ Ursae maj. (7. September 1700 von Gottfried Kirch), α Centauri (1709 von Feuillée), γ Virginis (1718), α Geminorum (1719), 61 Cygni (1753, wie die beiden vorigen, von Bradley nach Distanz und Richtungswinkel beobachtet), p Ophiuchi, ζ Cancri..... Es vermehrten sich allmählich die aufgezählten Doppelsterne, von Flamsteed an, der sich eines Mikrometers bediente, bis zum Sternkatalog von Tobias Mayer, welcher 1756 erschien. Zwei scharfsinnig ahnende und kombinierende Denker, Lambert („Photometria" 1760, „Kosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues" 1761) und John Michell (1767), beobachteten nicht selbst

Doppelsterne, verbreiteten aber zuerst richtige Ansichten über die Attraktionsbeziehungen der Sterne in partiellen binären Systemen. Lambert wagte wie Kepler die Vermutung, daß die fernen Sonnen (Fixsterne) wie die unserige von dunkeln Weltkörpern, Planeten und Kometen, umgeben seien, von den einander nahestehenden Fixsternen aber glaubte er, so sehr er auch sonst zur Annahme dunkler Centralkörper geneigt scheint, „daß sie in einer nicht zu langen Zeit eine Revolution um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt vollendeten". Michell, der von Kants und Lamberts Ideen keine Kenntnis hatte, wandte zuerst und mit Scharfsinn die Wahrscheinlichkeitsrechnung auf enge Sterngruppen, besonders auf vielfache Sterne, binäre und quaternäre, an; er zeigte, wie 500000 gegen 1 zu wetten sei, daß die Zusammenstellung von sechs Hauptsternen der Plejaden nicht vom Zufalle herrühre, daß vielmehr ihre Gruppierung in einer inneren Beziehung der Sterne gegeneinander gegründet sein müsse. Er ist der Existenz von leuchtenden Sternen, die sich umeinander bewegen, so gewiß, daß er diese partiellen Sternsysteme zu sinnreicher Lösung einiger astronomischen Aufgaben anzuwenden vorschlägt. [3]

Der Mannheimer Astronom Christian Mayer hat das große Verdienst, auf dem sicheren Wege wirklicher Beobachtungen die Doppelsterne zuerst (1778) zu einem besonderen Ziele seiner Bestrebungen erhoben zu haben. Die unglücklich gewählte Benennung von Fixsterntrabanten und die Beziehungen, welche er zwischen Sternen zu erkennen glaubte, die von Arcturus $2\frac{1}{2}^{\circ}$ bis $2^{\circ}\,55'$ abstehen, setzten ihn bitteren Angriffen seiner Zeitgenossen, und unter diesen dem Tadel des großen und scharfsinnigen Mathematikers Nikolaus Fuß, aus. Das Sichtbarwerden dunkler planetarischer Körper in reflektiertem Lichte war bei so ungeheurer Entfernung allerdings unwahrscheinlich. Man achtete nicht auf die Resultate sorgfältig angestellter Beobachtungen, weil man die systematische Erklärung der Erscheinungen verwarf; und doch hatte Christian Mayer in einer Verteidigungsschrift gegen den Pater Maximilian Hell, Direktor der kaiserlichen Sternwarte zu Wien, ausdrücklich erklärt, „daß die kleinen Sterne, welche den großen so nahe stehen, entweder erleuchtete, an sich dunkle Planeten, oder daß beide Weltkörper, der Hauptstern und sein Begleiter, zwei umeinander kreisende, selbstleuchtende Sonnen seien". Das Wichtige von Christian Mayers Arbeit ist lange

nach seinem Tode von Struve und Mädler dankbar und öffentlich anerkannt worden. In seinen beiden Abhandlungen: Verteidigung neuer Beobachtungen von Fixsterntrabanten (1778) und Diss. de novis in coelo sidereo phaenomenis (1779), sind 80 von ihm beobachtete Sternpaare beschrieben, unter denen 67 einen geringeren Abstand als 32″ haben. Die meisten derselben sind von Christian Mayer neu entdeckt durch das vortreffliche 8füßige Fernrohr des Mannheimer Mauerquadranten; „manche gehören noch jetzt zu den schwierigsten Objekten, welche nur kräftige Instrumente darzustellen vermögen, wie ο und 71 Herculis, ε 5 Lyrae und ω Piscium". Mayer maß freilich nur am Meridianinstrumente (wie man aber noch lange nach ihm gethan) Abstände in Rektaszension und Deklination, und wies aus seinen wie aus den Beobachtungen früherer Astronomen Positionsveränderungen nach, von deren numerischem Werte er irrigerweise nicht abzog, was (in einzelnen Fällen) der eigenen Bewegung der Sterne angehörte.

Diesen schwachen, aber denkwürdigen Anfängen folgte William Herschels Riesenarbeit über die vielfachen Sterne. Sie umfaßt eine lange Periode von mehr als 25 Jahren. Denn wenn auch das erste Verzeichnis von Herschels Doppelsternen vier Jahre später als Christian Mayers Abhandlung über denselben Gegenstand veröffentlicht wurde, so reichen des ersteren Beobachtungen doch bis 1779, ja, wenn man die Untersuchungen über das Trapezium im großen Nebelfleck des Orion hinzurechnet, bis 1776 hinauf. Fast alles, was wir heute von der vielfältigen Gestaltung der Doppelsterne wissen, wurzelt ursprünglich in Sir William Herschels Arbeit. Er hat in den Katalogen von 1782, 1783 und 1804 nicht bloß 836, meist von ihm allein entdeckte, in Position und Distanz bestimmte Doppelsterne aufgestellt, sondern, was weit wichtiger als die Vermehrung der Anzahl ist, er hat seinen Scharfsinn und Beobachtungsgeist auch schon an allem dem geübt, was sich auf die Bahn, die vermutete Umlaufszeit, auf Helligkeit, Farbenkontrast und Klassifikation nach Größe der gegenseitigen Abstände bezieht. Phantasiereich und doch immer mit großer Vorsicht fortschreitend, sprach er sich erst im Jahre 1794, indem er optische und physische Doppelsterne unterschied, vorläufig über die Natur der Beziehung des größeren Sternes zu seinem kleineren Begleiter aus. Den ganzen Zusammenhang der Erscheinungen entwickelte er erst 9 Jahre später in

dem 93. Bande der Philosophical Transactions. Es wurde nun der Begriff von partiellen Sternsystemen festgesetzt, in denen mehrere Sonnen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisen. Das mächtige Walten von Anziehungskräften, das in unserem Sonnensystem sich bis zum Neptun in 30 Erdweiten (622 Mill. geogr. Meilen = 4615½ Mill. km) erstreckt, ja durch Anziehung der Sonne den großen Kometen von 1680 in der Entfernung von 28 Neptunsweiten (d. i. von 853 Erdweiten oder 17700 Mill. geogr. Meilen = 131342 Mill. km) zum Umkehren zwingt, offenbart sich auch in der Bewegung des Doppelsternes 61 des Schwans, welcher 18240 Neptunsweiten (550900 Erdweiten oder 11394000 Mill. geogr. Meilen = 82000000 Mill. km), bei einer Parallaxe von 0,3744″ von der Sonne entfernt ist. Wenn aber auch Sir William Herschel die Ursachen und den allgemeinen Zusammenhang der Erscheinungen in großer Klarheit erkannte, so waren doch in dem ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts die Positionswinkel, welche sich aus den eigenen Beobachtungen und aus den nicht sorgfältig genug benutzten älteren Sternkatalogen ergaben, an zu kurze und allzu nahe Epochen gebunden, als daß die einzelnen numerischen Verhältnisse der Umlaufszeiten oder Bahnelemente eine volle Sicherheit gewähren könnten. Sir John Herschel erinnert selbst an die so unsicheren Angaben der Umlaufszeiten von α Geminorum (334 Jahre statt nach Mädler[4] 520), von γ Virginis (708 statt 169), und von γ Leonis (1424 des großen Katalogs von Struve), einem prachtvollen Sternpaar, goldfarben und rötlichgrün (1200 Jahre).

Nach William Herschel haben mit bewundernswürdiger Thätigkeit, und durch vervollkommnete Instrumente (besonders durch Mikrometerapparate) unterstützt, die eigentlichen spezielleren Grundlagen eines so wichtigen Zweiges der Astronomie Struve der Vater (1813 bis 1842) und Sir John Herschel (1819 bis 1838) gelegt. Struve veröffentlichte sein erstes Dorpater Verzeichnis von Doppelsternen (796 an der Zahl) im Jahre 1820. Demselben folgte ein zweites 1824 mit 3112 Doppelsternen bis 9. Größe in Abständen unterhalb 32″, von welchen nur etwa ⅛ früher gesehen worden war. Um diese Arbeit zu vollbringen, wurden im großen Refraktor von Fraunhofer an 120000 Fixsterne untersucht. Struves drittes Verzeichnis vielfacher Sterne ist von 1837 und bildet das wichtige Werk: Stellarum compositarum Mensurae

micrometricae.“ Es enthält, da mehrere, unsicher beobachtete Objekte mit Sorgfalt ausgeschlossen wurden, 2787 Doppelsterne.

Diese Zahl ist wiederum durch Sir John Herschels Beharrlichkeit während seines vierjährigen, für die genaueste topographische Kenntnis des südlichen Himmels Epoche machenden Aufenthalts in Feldhausen am Vorgebirge der guten Hoffnung mit mehr als 2100, bis auf wenige Ausnahmen bisher unbeobachteten Doppelsternen bereichert worden. Alle diese afrikanischen Beobachtungen sind durch ein 20füßiges Spiegelteleskop gemacht, auf 1830 reduziert, und angereiht den 6 Katalogen, welche, 3346 Doppelsterne enthaltend, Sir John Herschel der Astronomical Society zu London für den 6. und 9. Teil ihrer reichhaltigen Memoirs übergeben hat. In diesen europäischen Verzeichnissen sind die 380 Doppelsterne aufgeführt, welche der eben genannte berühmte Astronom 1825 gemeinschaftlich mit Sir James South beobachtet hatte.

Wir sehen in dieser historischen Entwickelung, wie die Wissenschaft in einem halben Jahrhundert allmählich zu dem Schatz gründlicher Kenntnis von partiellen, besonders binären Systemen im Weltraum gelangt ist. Die Zahl der Doppelsterne (optische und physische zusammengenommen) kann gegenwärtig mit einiger Sicherheit auf 6000 geschätzt werden, wenn eingeschlossen sind die von Bessel durch das herrliche Fraunhofersche Heliometer beobachteten, die von Argelander[6] zu Abo (1827 bis 1835), von Encke und Galle zu Berlin (1836 und 1839), von Preuß und Otto Struve in Pulkowa (seit dem Katalogus von 1837), von Mädler in Dorpat und Michell in Cincinnati (Ohio) mit einem 17füßigen Münchener Refraktor beobachteten. Wie viele von jenen 6000 für das bewaffnete Auge nahe aneinander gerückten Sternen in unmittelbarer Attraktionsbeziehung miteinander stehen, eigene Systeme bilden und sich in geschlossenen Bahnen bewegen, d. h. sogenannte physische (kreisende) Doppelsterne sind, ist eine wichtige, aber schwer zu beantwortende Frage. Der kreisenden Begleiter werden allmählich immer mehr entdeckt. Außerordentliche Langsamkeit der Bewegung oder die Richtung der für unser Auge projizierten Bahnfläche, in welcher der sich bewegende Stern eine der Beobachtung ungünstige Position einnimmt, lassen uns lange physische Doppelsterne den optischen, nur genähert scheinenden, beizählen. Aber

nicht bloß deutlich erkannte, meßbare Bewegung ist ein Kriterium, schon die von Argelander und Bessel bei einer beträchtlichen Zahl von Sternpaaren erwiesene, ganz gleiche Eigenbewegung im großen Weltraume (ein gemeinschaftliches Fortschreiten, wie das unseres ganzen Sonnengebietes, also der Erde und des Mondes, des Jupiter, des Saturn, des Uranus, des Neptun mit ihren Trabanten) zeugt für den Zusammenhang der Hauptsterne und ihrer Begleiter, für das Verhältnis in abgeschlossenen, partiellen Systemen. Mädler hat die interessante Bemerkung gemacht, daß, während bis 1836 man unter 2640 katalogisierten Doppelsternen nur 58 Sternpaare erkannte, in denen eine Stellungsverschiedenheit mit Gewißheit beobachtet wurde, und 105, in welchen dieselben nur für mehr oder minder wahrscheinlich gehalten werden konnte, gegenwärtig das Verhältnis der physischen Doppelsterne zu den optischen so verändert sei zum Vorteil der ersteren, daß unter 6000 Sternpaaren man nach einer 1849 veröffentlichten Tabelle schon siebenthalbhundert[7] kennt, in denen sich eine gegenseitige Positionsveränderung nachweisen läßt. Das ältere Verhältnis gab $^1/_{14}$, das neueste bereits $^1/_8$ für die durch beobachtete Bewegung des Hauptsternes und den Begleiter sich als physische Doppelsterne offenbarenden Weltkörper.

Ueber die verhältnismäßige räumliche Verteilung der binären Sternsysteme, nicht bloß in den Himmelsräumen, sondern auch nur an dem scheinbaren Himmelsgewölbe, ist numerisch noch wenig ergründet. In der Richtung gewisser Sternbilder (der Andromeda, des Bootes, des großen Bären, des Luchses und des Orion) sind in der nördlichen Hemisphäre die Doppelsterne am häufigsten. Für die südliche Hemisphäre macht Sir John Herschel das unerwartete Resultat bekannt, „daß in dem extratropikalen Teile dieser Hemisphäre die Zahl der vielfachen Sterne um vieles geringer ist als in dem korrespondierenden nördlichen Teile". Und doch sind jene anmutigen südlichen Regionen mit einem lichtvollen 20füßigen Spiegelteleskope, das Sterne 8. Größe bis in Abständen von $^3/_4$ Sekunden trennte, unter den günstigsten atmosphärischen Verhältnissen von dem geübtesten Beobachter durchforscht worden.

Eine überaus merkwürdige Eigentümlichkeit der vielfachen Sterne ist das Vorkommen kontrastierender Farben unter denselben. Aus 600 helleren Doppelsternen sind in Beziehung

auf Farbe von Struve in seinem großen 1837 erschienenen Werke folgende Resultate gezogen worden: Bei 375 Sternpaaren waren beide Teile, der Hauptstern und der Begleiter, von derselben und gleich intensiver Farbe. In 101 war nur ein Unterschied der gleichnamigen Farbe zu erkennen. Der Sternpaare mit ganz verschiedenartigen Farben waren 120, oder $^1/_5$ des Ganzen, während die Einfarbigkeit des Hauptsternes und des Begleiters sich auf $^4/_5$ der ganzen, sorgfältig untersuchten Masse erstreckte. Fast in der Hälfte jener 600 Doppelsterne waren Hauptstern und Begleiter weiß. Unter den verschiedenfarbigen sind Zusammensetzungen von Gelb und Blau (wie in ε Cancri), und Rotgelb und Grün (wie im ternären γ Andromedae) sehr häufig.

Arago hat zuerst (1825) darauf aufmerksam gemacht, daß die Verschiedenartigkeit der Farbe in dem binären Systeme hauptsächlich oder wenigstens in sehr vielen Fällen sich auf Komplementarfarben (auf die sich zu Weiß[8] ergänzenden, sogenannten subjektiven) bezieht. Es ist eine bekannte optische Erscheinung, daß ein schwaches weißes Licht grün erscheint, wenn ein starkes (intensives) rotes Licht genähert wird; das weiße Licht wird blau, wenn das stärkere umgebende Licht gelblich ist. Arago hat aber mit Vorsicht daran erinnert, daß, wenn auch bisweilen die grüne oder blaue Färbung des Begleiters eine Folge des Kontrastes ist, man doch im ganzen keineswegs das reelle Dasein grüner oder blauer Sterne leugnen könne.[9] Es gibt Beispiele, in denen ein hellleuchtender weißer Stern (1527 Leonis, 1768 Can. ven.) von einem kleinen blauen Stern begleitet ist, wo in einem Sternpaar (ϑ Serp.) beide, der Hauptstern und sein Begleiter blau sind;[10] er schlägt vor, um zu untersuchen, ob die kontrastierende Färbung nur subjektiv sei, den Hauptstern im Fernrohr (sobald der Abstand es erlaubt) durch einen Faden oder ein Diaphragma zu verdecken. Gewöhnlich ist nur der kleinere Stern der blaue; anders ist es aber im Sternpaar 23 Orionis (696 des Kat. von Struve p. LXXX); in diesem ist der Hauptstern bläulich, der Begleiter rein weiß. Sind oftmals in den vielfachen Sternen die verschiedenfarbigen Sonnen von uns unsichtbaren Planeten umgeben, so müssen letztere verschiedenartig erleuchtet, ihre weißen, blauen, roten und grünen Tage haben.

So wenig, wie wir schon oben gezeigt haben, die periodische Veränderlichkeit der Sterne notwendig an die rote

oder rötliche Farbe derselben gebunden ist, ebensowenig ist Färbung im allgemeinen oder eine kontrastierende Verschiedenheit der Farbentöne zwischen dem Hauptstern und dem Begleiter den vielfachen Sternen eigentümlich. Zustände, weil wir sie häufig hervorgerufen finden, sind darum nicht die allgemein notwendigen Bedingungen der Erscheinungen, sei es des periodischen Lichtwechsels, sei es des Kreisens in partiellen Systemen um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt. Eine sorgfältige Untersuchung der hellen Doppelsterne (Farbe ist noch bei Sternen 9. Größe zu bestimmen) lehrt, daß außer dem reinen Weiß auch alle Farben des Sonnenspektrums in den Doppelsternen gefunden werden, daß aber der Hauptstern, wenn er nicht weiß ist, sich im allgemeinen dem roten Extrem (dem der weniger refrangiblen Strahlen) nähert, der Begleiter dem violetten Extrem (der Grenze der am meisten refrangiblen Strahlen). Die rötlichen Sterne sind doppelt so häufig als die blauen und bläulichen, die weißen sind ungefähr $2^1/_2$mal so zahlreich als die roten und rötlichen. Merkwürdig ist es auch, daß gewöhnlich ein großer Unterschied der Farbe mit einem bedeutenden Unterschied in der Helligkeit verbunden ist. In zwei Sternpaaren, die wegen ihrer großen Helligkeit in starken Fernröhren bequem bei Tage gemessen werden können, in ζ Bootis und γ Leonis, besteht das erstere Paar aus zwei weißen Sternen 3^m und 4^m, das letztere aus einem Hauptstern 2^m und einem Begleiter von $3{,}5^m$. Man nennt diesen den schönsten Doppelstern des nördlichen Himmels, während daß α Centauri[11] und α Crucis am südlichen Himmel alle anderen Doppelsterne an Glanz übertreffen. Wie in ζ Bootis, bemerkt man in α Centauri und γ Virginis die seltene Zusammenstellung zweier großer Sterne von wenig ungleicher Lichtstärke.

Ueber das Veränderliche der Helligkeit in vielfachen Sternen, besonders über Veränderlichkeit der Begleiter, herrscht noch nicht einstimmige Gewißheit. Wir haben schon oben mehrmals der etwas unregelmäßigen Veränderlichkeit des Glanzes vom gelbroten Hauptstern α Herculis erwähnt. Auch der von Struve (1831 bis 1833) beobachtete Wechsel der Helligkeit der nahe gleichen und gelblichen Sterne (3^m), des Doppelsternes γ Virginis und Anon. 2718, deutet vielleicht auf eine sehr langsame Achsendrehung beider Sonnen. Ob in Doppelsternen je eine wirkliche Farbenveränderung vorgegangen sei (γ Leonis und γ Delphini?), ob in ihnen weißes Licht

farbig wird, wie umgekehrt im isolierten Sirius farbiges Licht weiß geworden ist, bleibt noch unentschieden, und wenn die bestrittenen Unterschiede sich nur auf schwache Farbentöne beziehen, so ist auf die organische Individualität der Beobachter und wo nicht Refraktoren angewandt werden, auf den oft rötenden Einfluß der Metallspiegel in den Teleskopen Rücksicht zu nehmen.

Unter den mehrfachen Systemen finden sich: dreifache (ξ Lybrae, ζ Cancri, 12 Lyncis, 11 Monoc.), vierfache (102 und 2681 des Struveschen Katalogs, α Andromedae, ε Lyrae), eine sechsfache Verbindung in θ Orionis, dem berühmten Trapezium des großen Orionnebels, wahrscheinlich einem einigen physischen Attraktionssystem, weil die 5 kleineren Sterne (6,3^m, 7^m, 8^m, 11,3^m und 12^m) der Eigenbewegung des Hauptsternes (4,7^m) folgen. Veränderung in der gegenseitigen Stellung ist aber bisher nicht bemerkt worden. In 2 dreifachen Sternpaaren, ξ Lybrae und ζ Cancri, ist die Umlaufsbewegung beider Begleiter mit großer Sicherheit erkannt worden. Das letztere Paar besteht aus 3 an Helligkeit wenig verschiedenen Sternen 3. Größe, und der nähere Begleiter scheint eine 10fach schnellere Bewegung als der entferntere zu haben.

Die Zahl der Doppelsterne, deren Bahnelemente sich haben berechnen lassen, wird gegenwärtig zu 14 bis 16 angegeben. Unter diesen hat ζ Herculis seit der Zeit der ersten Entdeckung schon zweimal seinen Umlauf vollendet, und während desselben (1802 und 1831) das Phänomen der scheinbaren Bedeckung eines Fixsternes durch einen anderen Fixstern dargeboten. Die frühesten Messungen und Berechnungen der Doppelsternbahnen verdankt man dem Fleiße von Savary (ξ Ursae maj.), Encke (70 Ophiuchi) und Sir John Herschel; ihnen sind später Bessel, Struve, Mädler, Hind, Smith und Kapitän Jacob gefolgt. Savarys und Enckes Methoden fordern 4 vollständige, hinreichend weit voneinander entfernte Beobachtungen. Die kürzesten Umlaufsperioden sind von 30, 42, 58 und 77 Jahren, also zwischen den planetarischen Umlaufszeiten des Saturn und Uranus, die längsten mit einiger Sicherheit bestimmten, übersteigen 500 Jahre, d. i. sie sind ungefähr gleich dem dreimaligen Umlauf von le Verriers Neptun. Die Exzentrizität der elliptischen Doppelsternbahnen ist nach dem, was man bis jetzt erforscht hat, überaus beträchtlich, meist kometenartig von 0,62 (γ Coronae) bis 0,95

(α Centauri) anwachsend. Der am wenigsten exzentrische innere Komet, der von Faye, hat die Exzentrizität 0,55, eine geringere als die Bahn der eben genannten zwei Doppelsterne. Auffallend geringere Exzentrizitäten bieten γ Coronae (0,29) und Castor (0,22 oder 0,24) nach Mädlers und Hinds Berechnungen dar. In diesen Doppelsternen werden von den beiden Sonnen Ellipsen beschrieben, welche denen zweier der kleinen Hauptplaneten unseres Sonnensystemes (den Bahnen der Pallas, 0,24, und Juno, 0,25) nahe kommen.

Wenn man mit Encke in einem binären System einen der beiden Sterne, den helleren, als ruhend betrachtet und demnach die Bewegung des Begleiters auf diesen bezieht, so ergibt sich aus dem bisher Beobachteten, daß der Begleiter um den Hauptstern einen Kegelschnitt beschreibt, in dessen Brennpunkt sich der letztere befindet, eine Ellipse, in welcher der Radius vector des umlaufenden Weltkörpers in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume zurücklegt. Genaue Messungen von Positionswinkeln und Abständen, zu Bahnbestimmungen geeignet, haben schon bei einer beträchtlichen Zahl von Doppelsternen gezeigt, daß der Begleiter sich um den als ruhend betrachteten Hauptstern, von denselben Gravitationskräften getrieben, bewegt, welche in unserem Sonnensystem walten. Diese feste, kaum erst seit einem Vierteljahrhundert errungene Ueberzeugung bezeichnet eine der großen Epochen in der Entwickelungsgeschichte des höheren kosmischen Naturwissens. Weltkörper, denen man nach altem Brauche den Namen der Fixsterne erhalten hat, ob sie gleich weder an die Himmelsdecke angeheftet noch unbewegt sind, hat man sich gegenseitig bedecken gesehen. Die Kenntnis von der Existenz partieller Systeme in sich selbst gegründeter Bewegung erweitert um so mehr den Blick, als diese Bewegungen wieder allgemeineren, die Himmelsräume belebenden, untergeordnet sind.

Bahnelemente von Doppelsternen.

(Hierzu ist der große Zusatz am Schluß dieses Bandes zu sagen.)

Name	halbe große Achse	Exzentrizität	Umlaufszeit in Jahren	Berechner
1) ξ Ursae maj.	3,857″	0,4164	58,262	Savary 1830
	3,278″	0,3777	60,720	John Herschel Tabelle von 1849
	2,295″	0,4037	61,300	Mädler 1847
2) p Ophiuchi	4,328″	0,4300	73,862	Encke 1832
3) ζ Herculis	1,208″	0,4320	30,22	Mädler 1847
4) Castor	8,086″	0,7582	252,66	John Herschel Tabelle von 1849
	5,692″	0,2194	519,77	Mädler 1847
	6,300″	0,2405	632,27	Hind 1849
5) γ Virginis	3,580″	0,8795	182,12	John Herschel Tabelle von 1849
	3,863″	0,8806	169,44	Mädler 1847
6) α Centauri	15,500″	0,9500	77,00	Cap. Jacob 1848

Anmerkungen.

[1] (S. 206.) Als merkwürdige Beispiele von der Schärfe der Sehorgane ist noch anzuführen, daß Keplers Lehrer Möstlin mit bloßen Augen 14, und schon einige der Alten neun Sterne, in dem Siebengestirn mit bloßen Augen erkannten.

[2] (S. 206.) Auch Dr. Gregory von Edinburg empfiehlt 1675 (also 33 Jahre nach Galileis Hinscheiden) dieselbe parallaktische Methode. Bradley (1748) spielt auf diese Methode an am Ende der berühmten Abhandlung über die Nutation.

[3] (S. 207.) John Michell: „If it should hereafter be found, that any of the stars have others revolving about them (for no satellites by a borrowed light *could possibly be visible*), we should then have the means of discovering . . . . . " Er leugnet in der ganzen Diskussion, daß einer der zwei kreisenden Sterne ein dunkler, fremdes Licht reflektierender Planet sein könne, weil beide uns trotz der Ferne sichtbar werden. Er vergleicht die Dichtigkeit beider, von denen er den größeren den Central star nennt, mit der Dichtigkeit unserer Sonne, und bezieht das Wort Satellit nur auf die Idee des Kreisens, auf die einer wechselseitigen Bewegung; er spricht von der „greatest apparent elongation of those stars, thad revolved about the others as satellites". Ferner heißt es: „We may conclude with the highest probability (the odds against the contrary opinion being many million millions to one) that stars form a kind of system by mutual gravitation. It is highly probable in particular, and next to a certainty in general, that such double stars as appear to consist of two or more stars placed near together, are under the influence of some general law, such perhaps as gravity . . . . . " Den numerischen Resultaten der Wahrscheinlichkeitsrechnung, welche Michell angibt, muß man einzeln keine große Sicherheit zuschreiben, da die Voraussetzungen, daß es 230 Sterne am ganzen Himmel gebe, welche an Lichtstärke dem β Capricorni, und 1500, welche der Lichtstärke der sechs größeren Plejaden gleich seien, keine Richtigkeit haben. Die geistreiche kosmologische Abhandlung von John Michell endigt mit dem sehr gewagten Versuch einer Erklärung des Funkelns der Fixsterne durch eine Art von „Pulsation in materiellen Lichtausstößen", einer nicht glück-

licheren als die, welche Simon Marius, einer der Entdecker der Jupiterstrabanten, am Ende seines Mundus Jovialis (1614) gegeben hatte. Michell hat aber das Verdienst, darauf aufmerksam gemacht zu haben, daß das Funkeln immer mit Farbenveränderung verbunden ist, „besides their brightness there is in the twinkling of the fixed stars a change of colour."

[4] (S. 209.) Man hat für Castor zwei alte Beobachtungen von Bradley 1719 und 1759 (die erste gemeinschaftlich mit Pond, die zweite mit Maskelyne), zwei von Herschel dem Vater von 1779 und 1803.

[5] (S. 210.) Es sind im ganzen 2641 + 146, also 2787 beobachtete Sternpaare.

[6] (S. 210.) Argelander, indem er eine große Zahl von Fixsternen zur sorgfältigsten Ergründung eigener Bewegung untersuchte. Auf 600 schlägt Mädler die Zahl der zu Pulkowa seit 1837 in der Nordhemisphäre des Himmels neu entdeckten, vielfachen Sterne an.

[7] (S. 211.) Die Zahl der Fixsterne, an denen man mit Gewißheit Eigenbewegung bemerkt hat, während man sie bei allen vermuten kann, ist um ein geringes größer, als die Sternpaare, bei welchen Stellungsverschiedenheit beobachtet worden ist. Ergebnisse durch Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf diese Verhältnisse, je nachdem die gegenseitigen Abstände in den Sternpaaren 0" bis 1", 2" bis 8" oder 16" bis 32" sind, gibt Struve. Abstände, welche kleiner als 0,8" sind, werden geschätzt, und Versuche mit sehr nahen künstlichen Doppelsternen haben dem Beobachter die Hoffnung bestätigt, daß diese Schätzungen meist bis 0,1" sicher sind.

[8] (S. 212.) Zwei Gläser, welche Komplementarfarben darstellen, dienen dazu, wenn man dieselben aufeinander legt, weiße Sonnenbilder zu geben. Mein Freund hat sich, während meines langen Aufenthaltes auf der Pariser Sternwarte, dieses Mittels mit vielem Vorteil statt der Blendgläser bei Beobachtung von Sonnenfinsternissen und Sonnenflecken bedient. Man wählt: Rot mit Grün, Gelb mit Blau, Grün mit Violett. „Lorsqu' une lumière forte se trouve auprès d'une lumière faible, la dernière prend la teinte *complémentaire* de la première. C'est là le *contraste*, mais comme le rouge n'est presque jamais pur, on peut tout aussi bien dire que le rouge est complémentaire du bleu. Les couleurs voisines du Spectre solaire se substituent." (Arago, Handschrift von 1847.)

[9] (S. 212.) „Les exceptions que je cite, prouvent que j'avais bien raison, en 1825, de n'introduire la notion physique du *contraste* dans la question des étoiles doubles qu'avec la plus grande réserve. Le bleu est la couleur réelle de certaines étoiles. Il résulte des observations recueillies jusqu' ici que le firmament est non seulement parsemé de soleils

rouges et *jaunes*, comme le savaient les anciens, mais encore de soleils *bleus* et *verts*. C'est au temps et à des observations futures à nous apprendre si les étoiles vertes ou bleues ne sont pas des soleils déjà en voie de décroissance; si les différentes nuances de ces astres n'indiquent pas que la combustion s'y opère à différens degrès: si la teinte, avec excès des rayons les plus réfrangibles, que présente souvent la petite étoile, ne tiendrait pas à la force absorbante d'une atmosphère que développerait l'action de l'étoile, ordinairement beaucoup plus brillante, qu'elle accompagne." (Arago im Annuaire pour 1834, p. 295 bis 301.)

[10] (S. 212.) Struve zählt 63 Sternpaare auf, in denen beide Sterne blau oder bläulich sind und bei denen also die Farbe nicht Folge des Kontrastes sein kann. Wenn man gezwungen ist, die Farbenangaben desselben Sternpaares von verschiedenen Beobachtern miteinander zu vergleichen, so wird es besonders auffallend, wie oft der Begleiter eines roten oder gelbroten Hauptsternes von einem Beobachter blau, von anderen grün genannt worden ist.

[11] (S. 213.) „This superb double star (*α Cent.*) is beyond all comparison the most striking object of the kind in the heavens, and consists of two individuals, both of a high ruddy or orange colour, though that of the smaller is of a somewhat more sombre and brownish cast." Sir John Herschel, Kapreise p. 300. Nach den schönen Beobachtungen von Kapitän Jacob (Bombay Engineers, in den Jahren 1846 bis 1848) ist aber der Hauptstern 1^{m}, der Begleiter 2,5^{m} bis 3^{m} geschätzt.

VII.

Die Nebelflecke. — Ob alle nur ferne und sehr dichte Sternhaufen sind? — Die beiden Magelhaensschen Wolken, in denen sich Nebelflecke mit vielen Sternschwärmen zusammengedrängt finden. — Die sogenannten schwarzen Flecken oder Kohlensäcke am südlichen Himmelsgewölbe.

Unter den sichtbaren, den Himmelsraum erfüllenden Weltkörpern gibt es neben denen, welche mit Sternlicht glänzen (selbst leuchtenden oder bloß planetarisch erleuchteten, isoliert stehenden, oder vielfach gepaarten und um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisenden Sternen) auch Massen mit milderem, mattem Nebelschimmer. Bald als scharf begrenzte, scheibenförmige Lichtwölkchen auftretend, bald unförmlich und vielgestaltet über große Räume ergossen, scheinen diese auf den ersten Blick dem bewaffneten Auge ganz von den Weltkörpern verschieden, welche wir in den letzten vier Abschnitten der Astrognosie umständlich behandelt haben. Wie man geneigt ist, aus der beobachteten, bisher unerklärten Bewegung gesehener Weltkörper auf die Existenz ungesehener zu schließen, so haben Erfahrungen über die Auflöslichkeit einer beträchtlichen Zahl von Nebelflecken in der neuesten Zeit zu Schlußfolgen über die Nichtexistenz aller Nebelflecke, ja alles kosmischen Nebels im Weltraume geleitet. Mögen jene wohlbegrenzten Nebelflecke eine selbstleuchtende dunstartige Materie, oder ferne, eng zusammengedrängte, rundliche Sternhaufen sein, immer bleiben sie für die Kenntnis der Anordnung des Weltgebäudes, dessen, was die Himmelsräume ausfüllt, von großer Wichtigkeit.

Die Zahl der örtlich in Rektaszension und Deklination bestimmten übersteigt schon 3600.[1] Einige der unförmlich ausgedehnten haben die Breite von acht Monddurchmessern. Nach William Herschels älterer Schätzung (1811) bedecken die Nebelflecke wenigstens $^1/_{200}$ des ganzen sichtbaren Firmamentes.

Durch Riesenfernröhren gesehen, führt ihre Betrachtung in Regionen, aus denen der Lichtstrahl nach nicht ganz unwahrscheinlicher Annahme Millionen von Jahren braucht, um zu uns zu gelangen, auf Abstände, zu deren Ausmessung die Dimensionen unserer näheren Fixsternschicht (Siriusweiten oder berechnete Entfernungen von den Doppelsternen des Schwanes und des Centauren) kaum ausreichen. Sind die Nebelflecke elliptische oder kugelförmige Sterngruppen, so erinnern sie durch ihre Konglomeration selbst an ein rätselhaftes Spiel von Gravitationskräften, denen sie gehorchen. Sind es Dunstmassen mit einem oder mehreren Nebelkernen, so mahnen die verschiedenen Grade ihrer Verdichtung an die Möglichkeit eines Prozesses allmählicher Sternbildung aus ungeballter Materie. Kein anderes kosmisches Gebilde, kein anderer Gegenstand der mehr beschauenden als messenden Astronomie ist in gleichem Maße geeignet, die Einbildungskraft zu beschäftigen, nicht etwa bloß als symbolisierendes Bild räumlicher Unendlichkeit, sondern weil die Erforschung verschiedener Zustände des Seins und ihre geahnete Verknüpfung in zeitlicher Reihenfolge uns Einsicht in das Werden zu offenbaren verheißt.

Die historische Entwickelung unserer gegenwärtigen Kenntnis von den Nebelflecken lehrt, daß hier, wie fast überall in der Geschichte des Naturwissens, dieselben entgegengesetzten Meinungen, welche jetzt noch zahlreiche Anhänger haben, vor langer Zeit, doch mit schwächeren Gründen verteidigt wurden. Seit dem allgemeinen Gebrauch des Fernrohres sehen wir Galilei, Dominikus Cassini und den scharfsinnigen John Michell alle Nebelflecke als ferne Sternhaufen betrachten, während Halley, Derham, Lacaille, Kant und Lambert die Existenz sternloser Nebelmassen behaupteten. Kepler (wie vor der Anwendung des teleskopischen Sehens Tycho de Brahe) war ein eifriger Anhänger der Theorie der Sternbildung aus kosmischem Nebel, aus verdichtetem, zusammengeballtem Himmelsdunste. Er glaubte: „caeli materiam tenuissimam (der Nebel, welcher in der Milchstraße mit mildem Sternenlicht leuchte), in unum globum condensatam, stellam effingere“; er gründete seine Meinung nicht auf den Verdichtungsprozeß, der in begrenzten rundlichen Nebelflecken vorgehe (diese waren ihm unbekannt), sondern auf das plötzliche Auflodern neuer Sterne am Rande der Milchstraße.

Wie die Geschichte der Doppelsterne, so beginnt auch

die der Nebelflecke, wenn man das Hauptaugenmerk auf die Zahl der aufgefundenen Objekte, auf die Gründlichkeit ihrer teleskopischen Untersuchung und die Verallgemeinerung der Ansichten richtet, mit William Herschel. Bis zu ihm (Messiers verdienstvolle Bemühungen eingerechnet) waren in beiden Hemisphären nur 120 unaufgelöste Nebelflecke der Position nach bekannt, und im Jahre 1786 veröffentlichte der große Astronom von Slough ein erstes Verzeichnis, das deren 1000 enthielt. Schon früher habe ich in diesem Werke umständlich erinnert, daß, was vom Hipparchus und Geminus in den Katasterismen des Pseudo-Eratosthenes und im Almagest des Ptolemäus Nebelsterne (νεφελοειδεῖς) genannt wird, Sternhaufen sind, welche dem unbewaffneten Auge in Nebelschimmer erscheinen. Dieselbe Benennung, als Nebulosae latinisiert, ist in der Mitte des 13. Jahrhunderts in die Alfonsinischen Tafeln übergegangen, wahrscheinlich durch den überwiegenden Einfluß des jüdischen Astronomen Isaak Aben Sid Hassan, Vorstehers der reichen Synagoge zu Toledo. Gedruckt erschienen die Alfonsinischen Tafeln erst 1483, und zwar zu Venedig.

Die erste Angabe eines wundersamen Aggregates von zahllosen wirklichen Nebelflecken, mit Sternschwärmen vermischt, finden wir bei einem arabischen Astronomen aus der Mitte des 10. Jahrhunderts, bei Abdurrahman Sufi aus dem persischen Irak. Der weiße Ochse, den er tief unter Canopus in milchigem Lichte glänzen sah, war zweifelsohne die große Magelhaensche Wolke, welche bei einer scheinbaren Breite von fast 12 Monddurchmessern einen Himmelsraum von 42 Quadratgraden bedeckt, und deren europäische Reisende erst im Anfang des 16. Jahrhunderts Erwähnung thun, wenngleich schon zweihundert Jahre früher Normänner an der Westküste von Afrika bis Sierra Leone ($8\frac{1}{2}^{0}$ nördl. Br.) gelangt waren.[2] Eine Nebelmasse von so großem Umfange, dem unbewaffneten Auge vollkommen sichtbar, hätte doch früher die Aufmerksamkeit auf sich ziehen sollen.

Der erste isolierte Nebelfleck, welcher als völlig sternlos und als ein Gegenstand eigener Art durch ein Fernrohr erkannt und beachtet wurde, war der, ebenfalls dem bloßen Auge sichtbare Nebelfleck bei ν der Andromeda. Simon Marius (Mayer aus Gunzenhausen in Franken), früher Musiker, dann Hofmathematikus eines Markgrafen von Kulm-

bach, derselbe, welcher die Jupiterstrabanten neun Tage[3] früher als Galilei gesehen, hat auch das Verdienst, die erste und zwar eine sehr genaue Beschreibung eines Nebelfleckes gegeben zu haben. In der Vorrede seines Mundus Jovialis erzählt er, daß „am 15. Dezember 1612 er einen Fixstern aufgefunden habe von einem Ansehen, wie ihm nie einer vorgekommen sei. Er stehe nahe bei dem 3. und nördlichen Sterne im Gürtel der Andromeda; mit unbewaffnetem Auge gesehen, schiene er ihm ein bloßes Wölkchen, in dem Fernrohr finde er aber gar nichts Sternartiges darin, wodurch sich diese Erscheinung von den Nebelsternen des Krebses und anderen nebligen Haufen unterscheide. Man erkenne nur einen weißlichen Schein, der heller im Centrum, schwächer gegen die Ränder hin sei. Bei einer Breite von $^1/_4$ Grad gleiche das Ganze einem in großer Ferne gesehenen Lichte, das (in einer Laterne) durch (halb durchsichtige) Scheiben von Horn gesehen werde (similis fere splendor apparet, si a longinquo candela ardens per cornu pellucidum de noctu cernatur)." Simon Marius fragt sich, ob dieser sonderbare Stern ein neu entstandener sei? Er will nicht entscheiden, findet es aber recht auffallend, daß Tycho, welcher alle Sterne des Gürtels der Andromeda aufgezählt habe, nichts von dieser Nebulosa gesagt. In dem Mundus Jovialis, der erst 1614 erschien, ist also (wie ich schon an einem anderen Orte bemerkt habe) der Unterschied zwischen einem für die damaligen teleskopischen Kräfte unauflöslichen Nebelfleck und einem Sternhaufen (engl. cluster, franz. amas d'étoiles) ausgesprochen, welchem die gegenseitige Annäherung vieler, dem bloßen Auge unsichtbarer, kleiner Sterne einen Nebelschein gibt. Trotz der großen Vervollkommnung optischer Werkzeuge ist fast drittehalb Jahrhunderte lang der Nebel der Andromeda wie bei seiner Entdeckung, für vollkommen sternenleer gehalten worden, bis vor zwei Jahren jenseits des Atlantischen Ozeans von George Bond zu Cambridge (V. St.) 1500 kleine Sterne within the limits of the nebula erkannt worden sind. Ich habe, trotz des unaufgelösten Kerns, nicht angestanden, ihn unter den Sternhaufen aufzuführen.

Es ist wohl nur einem sonderbaren Zufall zuzuschreiben, daß Galilei, der sich schon vor 1610, als der Sydereus Nuntius erschien, mehrfach mit der Konstellation des Orion beschäftigte, später in seinem Saggiatore, da er längst die Entdeckung des sternlosen Nebels in der Andromeda aus dem

Mundus Jovialis kennen konnte, keines anderen Nebels am Firmamente gedenkt als solcher, welche sich selbst in seinen schwachen optischen Instrumenten in Sternhaufen auflösten. Was er Nebulose del Orione et del Presepe nennt, sind ihm nichts als „Anhäufungen (coacervazioni) zahlloser kleiner Sterne". [4] Er bildet ab nacheinander unter den täuschenden Namen Nebulosae Capitis, Cinguli et Ensis Orionis Sternhaufen, in denen er sich freut, in einem Raum von 1 oder 2 Graden 400 bisher unaufgezählte Sterne aufgefunden zu haben. Von unaufgelöstem Nebel ist bei ihm nie die Rede. Wie hat der große Nebelfleck im Schwerte seiner Aufmerksamkeit entgehen, wie dieselbe nicht fesseln können? Aber wenn auch der geistreiche Forscher wahrscheinlich nie den unförmlichen Orionsnebel oder die rundliche Scheibe eines sogenannten unauflöslichen Nebels gesehen hat, so waren doch seine allgemeinen Betrachtungen [5] über die innere Natur der Nebelflecke denen sehr ähnlich, zu welchen gegenwärtig der größere Teil der Astronomen geneigt ist. So wenig als Galilei, hat auch Hevel in Danzig, ein ausgezeichneter, aber dem teleskopischen Sehen beim Katalogisieren der Sterne wenig holder [6] Beobachter, des großen Orionsnebels in seinen Schriften erwähnt. Sein Sternverzeichnis enthält überhaupt kaum 16 in Position bestimmte Nebelflecke.

Endlich im Jahre 1656 entdeckte Huygens den durch Ausdehnung, Gestalt, die Zahl und die Berühmtheit seiner späteren Erforscher so wichtig gewordenen Nebelfleck im Schwert des Orion, und veranlaßte Picard, sich fleißig (1676) mit demselben zu beschäftigen. Die ersten Nebelflecke der in Europa nicht sichtbaren Regionen des südlichen Himmels bestimmte, aber in überaus geringer Zahl, bei seinem Aufenthalte auf St. Helena (1677) Edmund Halley. Die lebhafte Vorliebe, welche der große Cassini (Johann Dominikus) für alle Teile der beschauenden Astronomie hatte, leitete ihn gegen das Ende des 17. Jahrhunderts auf die sorgfältigere Erforschung der Nebel der Andromeda und des Orion. Er glaubte seit Huygens Veränderungen in dem letzteren, „ja Sterne in dem ersteren erkannt zu haben, die man nicht mit schwachen Fernröhren sieht". Man hat Gründe, die Behauptung der Gestaltveränderung für eine Täuschung zu halten, nicht ganz die Existenz von Sternen in dem Nebel der Andromeda seit den merkwürdigen Beobachtungen von George Bond. Cassini ahnete dazu aus theoretischen Gründen eine solche Auf-

lösung, da er, in direktem Widerspruch mit Halley und Derham, alle Nebelflecke für sehr ferne Sternschwärme hielt.[7] Der matte, milde Lichtschimmer in der Andromeda, meint er, sei allerdings dem des Zodiakallichtes analog, aber auch dieses sei aus einer Unzahl dicht zusammengedrängter kleiner planetischer Körper zusammengesetzt. Lacailles Aufenthalt in der südlichen Hemisphäre (am Vorgebirge der guten Hoffnung, auf Ile de France und Bourbon, 1750 bis 1752) vermehrte so ansehnlich die Zahl der Nebelflecke, daß Struve mit Recht bemerkt, man habe durch dieses Reisenden Bemühungen damals mehr von der Nebelwelt des südlichen Firmaments als von der in Europa sichtbaren gewußt. Lacaille hat übrigens mit Glück versucht, die Nebelflecke nach ihrer scheinbaren Gestaltung in Klassen zu verteilen; auch unternahm er zuerst, doch mit wenigem Erfolge, die schwierige Analyse des so heterogenen Inhalts der beiden Magelhaensschen Wolken (Nubecula major et minor). Wenn man von den anderen 42 isolierten Nebelflecken, welche Lacaille an dem südlichen Himmel beobachtete, 14 vollkommen, und selbst mit schwacher Vergrößerung, zu wahren Sternhaufen aufgelöste abzieht, so bleibt nur die Zahl von 28 übrig, während, mit mächtigeren Instrumenten wie mit größerer Uebung und Beobachtungsgabe ausgerüstet, es Sir John Herschel glückte, unter derselben Zone, die Clusters ebenfalls ungerechnet, an 1500 Nebelflecke zu entdecken.

Entblößt von eigener Anschauung und Erfahrung, phantasierten, nach sehr ähnlichen Richtungen hinstrebend, ohne ursprünglich[8] voneinander zu wissen, Lambert (seit 1749), Kant (seit 1755) mit bewundernswürdigem Scharfsinn über Nebelflecke, abgesonderte Milchstraßen und sporadische, in den Himmelsräumen vereinzelte Nebel- und Sterninseln. Beide waren der Dunsttheorie (nebular hypothesis) und einer perpetuierlichen Fortbildung in den Himmelsräumen, ja den Ideen der Sternerzeugung aus kosmischem Nebel zugethan. Der vielgereiste le Gentil (1760 bis 1769) belebte lange vor seinen Reisen und den verfehlten Venusdurchgängen das Studium der Nebelflecke durch eigene Beobachtung über die Konstellationen der Andromeda, des Schützen und des Orion. Er bediente sich eines der im Besitze der Pariser Sternwarte befindlichen Objekte von Campani, welches 34 Fuß Fokallänge hat. Ganz den Ideen von Halley und Lacaille, Kant und Lambert widerstrebend, erklärte der geistreiche John Michel wieder (wie Galilei und Dominikus Cassini) alle Nebel für

Sternhaufen, Aggregate von sehr kleinen oder sehr fernen teleskopischen Sternen, deren Dasein bei Vervollkommnung der Instrumente gewiß einst würde erwiesen werden." Einen reichen Zuwachs, verglichen mit den langsamen Fortschritten, welche wir bisher geschildert, erhielt die Kenntnis der Nebelflecke durch den beharrlichen Fleiß von Messier. Sein Katalogus von 1771 enthielt, wenn man die älteren, von Lacaille und Méchain entdeckten Nebel abzieht, 66 bis dahin ungesehene. Es gelang seiner Anstrengung, auf dem ärmlich ausgerüsteten Observatoire de la Marine (Hôtel de Clugny) die Zahl der damals in beiden Hemisphären aufgezählten Nebelflecke zu verdoppeln.[10]

Auf diese schwachen Anfänge folgte die glänzende Epoche der Entdeckungen von William Herschel und seinem Sohne. Der erstere begann schon 1779 eine regelmäßige Musterung des nebelreichen Himmels durch einen 7füßigen Reflektor. Im Jahre 1787 war sein 40füßiges Riesenteleskop vollendet, und in drei Katalogen, welche 1786, 1789 und 1801 erschienen, lieferte er die Positionen von 2500 Nebeln und Sternhaufen. Bis 1785, ja fast bis 1791, scheint der große Beobachter mehr geneigt gewesen zu sein, wie Michel, Cassini, und jetzt Lord Rosse, die ihm unauflöslichen Nebelflecke für sehr entfernt liegende Sternhaufen zu halten; aber eine längere Beschäftigung mit dem Gegenstande zwischen 1799 und 1802 leitete ihn, wie einst Halley und Lacaille, auf die Dunsttheorie, ja, wie Tycho und Kepler, auf die Theorie der Sternbildung durch allmähliche Verdichtung des kosmischen Nebels. Beide Ansichten sind indes nicht notwendig[11] miteinander verbunden. Die von Sir William Herschel beobachteten Nebel und Sternhaufen hat sein Sohn, Sir John, von 1825 bis 1833 einer neuen Musterung unterworfen; er hat die älteren Verzeichnisse durch 500 neue Gegenstände bereichert, und in den Philosophical Transactions for 1833 (p. 365 bis 481) einen vollständigen Katalogus von 2307 Nebulae and Clusters of stars veröffentlicht. Diese große Arbeit enthält alles, was in dem mittleren Europa am Himmel aufgefunden war, und schon in den unmittelbar folgenden 5 Jahren (1834 bis 1838) sehen wir Sir John Herschel am Vorgebirge der guten Hoffnung, mit einem 20füßigen Reflektor ausgerüstet, den ganzen dort sichtbaren Himmel durchforschen, und zu jenen 2307 Nebeln und Sternhaufen ein Verzeichnis von 1708 Positionen hinzufügen![12] Von Dunlops Katalogus süd-

licher Nebel und Sternhaufen (629 an der Zahl, zu Paramatta beobachtet durch einen 9füßigen, mit einem Spiegel von 9 Zoll Durchmesser versehenen Reflektor von 1825 bis 1827) ist nur $^1/_3$ in Sir John Herschels Arbeit übergegangen.

Eine dritte große Epoche in der Kenntnis jener rätselhaften Weltkörper hat mit der Konstruktion des bewundernswürdigen 50füßigen Teleskopes des Earl of Rosse zu Parsonstown begonnen. Alles, was, in dem langen Schwanken der Meinungen, auf den verschiedenen Entwickelungsstufen kosmischer Anschauung zur Sprache gekommen war, wurde nun in dem Streit über die Nebelhypothese und die behauptete Notwendigkeit, sie gänzlich aufzugeben, der Gegenstand lebhafter Diskussionen. Aus den Berichten ausgezeichneter und mit den Nebelflecken lange vertrauter Astronomen, die ich habe sammeln können, erhellt, daß von einer großen Zahl der aus dem Katalogus von 1833 wie zufällig unter allen Klassen ausgewählten, für unauflöslich gehaltenen Objekte fast alle (der Direktor der Sternwarte von Armagh, Dr. Robinson, gibt deren über 40 an) vollständig aufgelöst wurden.[14] Auf gleiche Weise drückt sich Sir John Herschel, sowohl in der Eröffnungsrede der Versammlung der British Association zu Cambridge 1845 als in den Outlines of Astronomy 1849, aus. „Der Reflektor von Lord Rosse," sagt er, „hat aufgelöst oder als auflösbar gezeigt eine beträchtliche Anzahl (multitudes) von Nebeln, welche der raumdurchdringenden Kraft der schwächeren optischen Instrumente widerstanden hatten. Wenn es gleich Nebelflecke gibt, welche jenes mächtige Teleskop von sechs englischen Fußen Oeffnung nur als Nebel, ohne alle Anzeige der Auflösung, darstellt, so kann man doch nach Schlüssen, die auf Analogieen gegründet sind, vermuten, daß in der Wirklichkeit kein Unterschied zwischen Nebeln und Sternhaufen vorhanden sei."[14]

Der Urheber des mächtigen optischen Apparates von Parsonstown, stets das Resultat wirklicher Beobachtungen von dem trennend, zu dem nur gegründete Hoffnung vorhanden ist, drückt sich selbst mit großer Vorsicht über den Orionsnebel in einem Briefe an Professor Nichol zu Glasgow[15] aus (19. März 1846). „Nach unserer Untersuchung des berühmten Nebelfleckes," sagt er, „kann ich mit Gewißheit aussprechen, daß, wenn anders irgend einer, nur ein geringer Zweifel über die Auflösbarkeit bleibt. Wir konnten wegen der Luftbeschaffenheit nur die Hälfte der Vergrößerung

anwenden, welche der Spiegel zu ertragen imstande ist, und doch sahen wir, daß alles um das Trapezium umher eine Masse von Sternen bildet. Der übrige Teil des Nebels ist ebenfalls reich an Sternen und trägt ganz den Charakter der Auflösbarkeit." Auch später noch (1848) soll Lord Rosse nie eine schon erlangte völlige Auflösung des Orionsnebels, sondern immer nur die nahe Hoffnung dazu, die gegründete Wahrscheinlichkeit, den noch übrigen Nebel in Sterne aufzulösen, verkündet haben.

Wenn man trennt, in der neuerlich so lebhaft angeregten Frage über die Nichtexistenz einer selbstleuchtenden, dunstförmigen Materie im Weltall, was der Beobachtung und was induktiven Schlußformen angehört, so lehrt eine sehr einfache Betrachtung, daß durch wachsende Vervollkommnung der teleskopischen Sehkraft allerdings die Zahl der Nebel beträchtlich vermindert, aber keineswegs durch diese Verminderung erschöpft werden könne. Unter Anwendung von Fernröhren wachsender Stärke wird jedes nachfolgende auflösen, was das vorhergehende unaufgelöst gelassen hat, zugleich aber auch wenigstens teilweise, wegen seiner zunehmenden, raumdurchdringenden Kraft, die aufgelösten Nebel durch neue, vorher unerreichte, ersetzen. Auflösung des Alten und Entdeckung des Neuen, welches wieder eine Zunahme von optischer Stärke erheischt, würden demnach in endloser Reihe aufeinander folgen. Sollte dem nicht so sein, so muß man sich nach meinem Bedünken entweder den gefüllten Weltraum begrenzt, oder die Weltinseln, zu deren einer wir gehören, dermaßen voneinander entfernt denken, daß keines der noch zu erfindenden Fernröhren zu dem gegenüberliegenden Ufer hinüberreicht, und daß unsere letzten (äußersten) Nebel sich in Sternhaufen auflösen, welche sich wie Sterne der Milchstraße „auf schwarzen, ganz dunstfreien Grund projizieren". Ist aber wohl ein solcher Zustand des Weltbaues und zugleich der Vervollkommnung optischer Werkzeuge wahrscheinlich, bei dem am ganzen Firmament kein unaufgelöster Nebelfleck mehr aufzufinden wäre?

Die hypothetische Annahme eines selbstleuchtenden Fluidums, das, scharf begrenzt, in runden oder ovalen Nebelflecken auftritt, muß nicht verwechselt werden mit der ebenfalls hypothetischen Annahme eines nicht leuchtenden, den Weltraum füllenden, durch seine Wellenbewegung Licht strahlende Wärme und Elektromagnetismus erzeugenden Aethers. Die

Ausströmungen der Kometenkerne, als Schweife oft ungeheure Räume einnehmend, verstreuen ihren uns unbekannten Stoff zwischen die Planetenbahnen des Sonnensystems, welche sie durchschneiden. Getrennt von dem leitenden Kerne, hört aber der Stoff, auf uns bemerkbar zu leuchten. Schon Newton hielt für möglich, daß „vapores ex Sole et Stellis fixis et Caudis Cometarum“ sich der Erdatmosphäre beimischen könnten. In dem dunstartigen, kreisenden, abgeplatteten Ringe des Zodiakalscheines hat noch kein Fernrohr etwas Sternartiges entdeckt. Ob die Teilchen, aus welchen dieser Ring besteht und welche nach dynamischen Bedingungen von einigen als um sich selbst rotierend, von anderen als bloß um die Sonne kreisend gedacht werden, erleuchtet oder, wie mancher irdische Nebel, selbstleuchtend sind, bleibt unentschieden. Dominikus Cassini glaubte, daß sie kleine planetenartige Körper seien. Es ist wie ein Bedürfnis des sinnlichen Menschen, in allem Flüssigen diskrete Molekularteile zu suchen, gleich den vollen oder hohlen Wolkenbläschen; und die Gradationen der Dichtigkeitsabnahme in unserem Planetensysteme von Merkur bis Saturn und Neptun (von 1,12 bis 0,14, die Erde = 1 gesetzt) führen zu den Kometen, durch deren äußere Kernschichten noch ein schwacher Stern sichtbar wird, ja sie führen allmählich zu diskreten, aber so undichten Teilen, daß ihre Starrheit in großen oder kleinen Dimensionen fast nur durch Begrenztheit charakterisiert werden könnte. Es sind gerade solche Betrachtungen über die Beschaffenheit des scheinbar dunstförmigen Tierkreislichtes, welche Cassini lange vor Entdeckung der sogenannten kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter und vor den Mutmaßungen über Meteorasteroiden auf die Idee geleitet hatten, daß es Weltkörper von allen Dimensionen und allen Arten der Dichtigkeit gebe. Wir berühren hier fast unwillkürlich den alten naturphilosophischen Streit über das primitiv Flüssige und das aus diskreten Molekularteilen Zusammengesetzte, was freilich deshalb der mathematischen Behandlung zugänglicher ist. Um so schneller kehren wir zu dem rein Objektiven der Erscheinung zurück.

In der Zahl von 3926 (2451 + 1475) Positionen, welche zugehören: a) dem Teil des Firmaments, welcher in Slough sichtbar ist und welchen wir hier der Kürze wegen den nördlichen Himmel nennen wollen (nach drei Verzeichnissen von Sir William Herschel von 1786 bis 1802) und der oben erwähnten großen Musterung des Sohnes (in den Philos.

Transact. von 1833), und b) dem Teile des südlichen Himmels, welcher am Vorgebirge der guten Hoffnung sichtbar ist, nach den afrikanischen Katalogen von Sir John Herschel, finden sich Nebelflecke und Sternhaufen (Nebulae and Clusters of stars) untereinander gemengt. So innig auch diese Gegenstände ihrer Natur nach miteinander verwandt sein mögen, habe ich sie doch, um einen bestimmten Zeitpunkt des schon Erkannten zu bezeichnen, in der Aufzählung voneinander gesondert. Ich finde[16] in dem nördlichen Katalog der Nebelflecke 2299, der Sternhaufen 152; im südlichen oder Kapkatalog der Nebelflecke 1239, der Sternhaufen 236. Es ergibt sich demnach für die Nebelflecke, welche in jenen Verzeichnissen als noch nicht in Sternhaufen aufgelöst angegeben werden, am ganzen Firmament die Zahl von 3538. Es kann dieselbe wohl bis 4000 vermehrt werden, wenn man in Betrachtung zieht 300 bis 400 von Herschel dem Vater gesehene[17] und nicht wieder bestimmte, wie die von Dunlop in Paramatta mit einem 9zölligen Newtonschen Reflektor beobachteten 629, von denen Sir John Herschel nur 206 seinem Verzeichnis angeeignet hat. Ein ähnliches Resultat haben neuerlichst auch Bond und Mädler veröffentlicht. Die Zahl der Nebelflecke scheint sich also zu der der Doppelsterne in dem jetzigen Zustande der Wissenschaft ungefähr wie 2:3 zu verhalten; aber man darf nicht vergessen, daß unter der Benennung von Doppelsternen die bloß optischen mitbegriffen sind, und daß man bisher nur erst in dem neunten, vielleicht gar nur im achten Teile Positionsveränderungen erkannt hat.

Die oben gefundenen Zahlen: 2299 Nebelflecke neben 152 Sternhaufen in dem nördlichen, und nur 1239 Nebelflecke neben 236 Sternhaufen in dem südlichen Verzeichnisse, zeigen, bei der geringeren Anzahl von Nebelflecken in der südlichen Hemisphäre, dort ein Uebergewicht von Sternhaufen. Nimmt man an, daß alle Nebelflecke ihrer wahrscheinlichen Beschaffenheit nach auflösbar, nur fernere Sternhaufen, oder aus kleineren und weniger gedrängten, selbstleuchtenden Himmelskörpern zusammengesetzte Sterngruppen sind, so bezeichnet dieser scheinbare Kontrast, auf dessen Wichtigkeit schon Sir John Herschel um so mehr aufmerksam gemacht hat, als von ihm in beiden Hemisphären Reflektoren von gleicher Stärke angewandt worden sind, auf das wenigste

eine auffallende Verschiedenheit in der Natur und Weltstellung der Nebel, d. h. in Hinsicht der Richtungen, nach denen hin sie sich den Erdbewohnern am nördlichen oder südlichen Firmamente darbieten.

Dem ebengenannten großen Beobachter verdanken wir auch die erste genaue Kenntnis und kosmische Uebersicht von der Verteilung der Nebel und Sterngruppen an der ganzen Himmelsdecke. Er hat, um ihre Lage, ihre relative lokale Anhäufung, die Wahrscheinlichkeit oder Unwahrscheinlichkeit ihrer Folge nach gewissen Gruppierungen und Zügen zu ergründen, viertehalbtausend Gegenstände graphisch in Fächer eingetragen, deren Seiten in der Deklination 3", in der Rektaszension 15' messen. Die größte Anhäufung von Nebelflecken des ganzen Firmamentes findet sich in der nördlichen Hemisphäre. Es ist dieselbe verbreitet durch die beiden Löwen, den Körper, den Schweif und die Hinterfüße des großen Bären, die Nase der Giraffe, den Schwanz des Drachen, die beiden Jagdhunde, das Haupthaar der Berenice (wo der Nordpol der Milchstraße liegt), den rechten Fuß des Bootes und vor allem das Haupt, die Flügel und die Schulter der Jungfrau. Diese Zone, welche man die Nebelregion der Jungfrau genannt hat, enthält, wie wir schon oben erwähnt haben, in einem Raume, $^{1}/_{8}$ welcher den achten Teil der Oberfläche der ganzen Himmelssphäre ausfüllt, $^{1}/_{3}$ von der gesamten Nebelwelt. Sie überschreitet wenig den Aequator; nur von dem südlichen Flügel der Jungfrau dehnt sie sich aus bis zur Extremität der großen Wasserschlange und zum Kopf des Centauren, ohne dessen Füße und das südliche Kreuz zu erreichen. Eine geringere Anhäufung von Nebeln an dem nördlichen Himmel ist die, welche sich weiter als die vorige in die südliche Hemisphäre erstreckt. Sir John Herschel nennt sie die Nebelregion der Fische. Sie bildet eine Zone, von der Andromeda, die sie fast ganz erfüllt, gegen Brust und Flügel des Pegasus, gegen das Band, welches die Fische verbindet, den südlichen Pol der Milchstraße und Fomalhaut hin. Einen auffallenden Kontrast mit diesen Anhäufungen macht der öde, nebelarme Raum um Perseus, Widder, Stier, Kopf und oberen Leib des Orion, um Fuhrmann, Herkules, Adler und das ganze Sternbild der Leier. Wenn man aus der in dem Werke über die Kapbeobachtungen mitgeteilten Uebersicht aller Nebelflecke und Sternhaufen des nördlichen Katalogs (von Slough), nach einzelnen Stunden

der Rektaszension verteilt, 6 Gruppen von je 4 Stunden zusammenzieht, so erhält man:

RA.	0^h	bis	4^h	311
	4	„	8	179
	8	„	12	606
	12	„	16	850
	16	„	20	121
	20	„	0	239.

In der sorgfältigeren Scheidung nach nördlicher und südlicher Deklination findet man, daß in den 6 Stunden Rektaszension von 9^h bis 15^h in der nördlichen Hemisphäre allein 1111 Nebelflecke und Sternhaufen zusammengehäuft sind,[19] nämlich:

von	9^h	bis	10^h	90
	10	„	11	150
	11	„	12	251
	12	„	13	309
	13	„	14	181
	14	„	15	130.

Das eigentliche nördliche Maximum liegt also zwischen 12^h und 13^h, dem nördlichen Pole der Milchstraße sehr nahe. Weiterhin zwischen 15^h und 16^h gegen den Herkules zu ist die Verminderung so plötzlich, daß auf die Zahl 130 unmittelbar 40 folgt.

In der südlichen Hemisphäre ist nicht bloß eine geringere Anzahl von Nebelflecken, sondern auch eine weit gleichförmigere Verteilung erkannt worden. Nebelleere Räume wechseln dort häufig mit sporadischen Nebeln; eine eigentliche lokale Anhäufung, und zwar eine noch gedrängtere als in der Nebelregion der Jungfrau am nördlichen Himmel, findet man nur in der großen Magelhaensschen Wolke, welche allein an 300 Nebelflecke enthält. Die Gegend zunächst den Polen ist in beiden Hemisphären nebelarm, und bis 15° Polardistanz ist sie um den südlichen Pol im Verhältnis von 7:4 noch ärmer als um den nördlichen Pol. Der jetzige Nordpol hat einen kleinen Nebelfleck, welcher nur 5 Minuten von ihm entfernt liegt; ein ähnlicher, den Sir John Herschel mit Recht „Nebula Polarissima Australis“ nennt (Nr. 3176 seines Kapkatalogs, RA. 9^h 27′ 56″, N.P.D. 179° 34′ 14″), steht noch 25 Minuten vom Südpole ab. Diese Sternödigkeit des Südpols, der Mangel eines dem unbewaffneten Auge sichtbaren Polarsternes, war schon der Gegenstand bitterer Klagen von Amerigo Vespucci und Vicente Yañez Pinzon, als sie

am Ende des 15. Jahrhunderts weit über den Aequator bis zum Vorgebirge San Auguſtin vordrangen, und als der erſtere ſogar die irrige Meinung ausſprach, daß die ſchöne Stelle des Dante: „Io mi volsi a man destra e posi mente . . .“, wie die vier Sterne „non viste mai fuor ch'alla prima gente“, ſich auf antarktiſche Polarſterne bezögen.[20]

Wir haben bisher die Nebel in Hinſicht auf ihre Zahl und ihre Verteilung an der Himmelsdecke, an dem, was wir das Firmament nennen, betrachtet; eine ſcheinbare Verteilung, welche man nicht mit der wirklichen in den Welträumen verwechſeln muß. Von dieſer Unterſuchung gehen wir nun zu der wunderſamen Verſchiedenheit ihrer individuellen Geſtaltung über. Dieſe iſt bald regelmäßig (kugelförmig, elliptiſch in verſchiedenen Graden, ringförmig, planetariſch, oder gleich einer Photoſphäre einen Stern umgebend), bald unregelmäßig und ſo ſchwer zu klaſſifizieren wie die geballten Waſſernebel unſeres Luftkreiſes, die Wolken. Als Normalgeſtalt der Nebelflecke am Firmament wird die elliptiſche (ſphäroidiſche) genannt, die, bei derſelben Stärke des Fernrohrs, wenn ſie in die kugelförmige übergeht, ſich am leichteſten in einen Sternhaufen verwandelt; wenn ſie dagegen ſehr abgeplattet nach einer Dimenſion verlängert und ſcheibenförmig erſcheint, um ſo ſchwerer[21] auflöslich wird. Allmähliche Uebergänge der Geſtalten vom Runden zum länglich Elliptiſchen und Pfriemförmigen (Philos. Transact. 1833. p. 494, Pl. IX, fig. 19 bis 24) ſind mehrfach am Himmel aufzufinden. Die Verdichtung des milchigen Nebels iſt ſtets gegen ein Centrum, bisweilen ſelbſt nach mehreren Centralpunkten (Kernen) zugleich gerichtet. Nur in der Abteilung der runden oder ovalen Nebel kennt man Doppelnebel, bei denen, da keine relative Bewegung unter den Individuen bemerkbar wird (weil ſie fehlt oder außerordentlich langſam iſt), das Kriterium mangelt, durch welches eine gegenſeitige Beziehung zu einander erwieſen werden kann, wie bei Sonderung der phyſiſchen von den bloß optiſchen Doppelſternen. (Abbildungen von Doppelnebeln findet man in den Philos. Transact. for the year 1833, fig. 68 bis 71. Vergl. auch Herſchel, Outlines of Astr. § 878, Observ. at the Cape of Good Hope § 120).

Ringförmige Nebel gehören zu den ſeltenſten Erſcheinungen. Man kennt deren in der nördlichen Hemiſphäre

jetzt nach Lord Rosse sieben. Der berühmteste der Nebelringe liegt zwischen ß und γ Lyrae (Nr. 57 Messier, Nr. 3023 des Katalogs von Sir John Herschel), und ist 1779 von Darquier in Toulouse entdeckt, als der von Bode aufgefundene Komet in seine Nähe kam. Er ist fast von der scheinbaren Größe der Jupitersscheibe, und elliptisch im Verhältnis seiner Durchmesser wie 4:5. Das Innere des Ringes ist keineswegs schwarz, sondern etwas erleuchtet. Schon Sir William Herschel hatte einige Sterne im Ringe erkannt, Lord Rosse und Bond haben ihn ganz aufgelöst. Vollkommen schwarz in der Höhlung des Ringes sind dagegen die schönen Nebelringe der südlichen Hemisphäre Nr. 3680 und 3686. Der letztere ist dazu nicht elliptisch, sondern vollkommen rund; alle sind wahrscheinlich ringförmige Sternhaufen. Mit der zunehmenden Mächtigkeit optischer Mittel erscheinen übrigens im allgemeinen sowohl elliptische als ringförmige Nebelflecke in ihren Umrissen weniger abgeschlossen. In dem Riesenfernrohr des Lord Rosse zeigt sich sogar der Ring der Leier wie eine einfache Ellipse mit sonderbar divergierenden, fadenförmigen Nebelansätzen. Besonders auffallend ist die Umformung eines für schwächere Fernröhren einfach elliptischen Nebelfleckes in Lord Rosses Krebsnebel (Crab-Nebula).

Weniger selten als Ringnebel, aber doch nach Sir John Herschel nur 25 an Zahl, von denen fast $\frac{3}{4}$ in der südlichen Hemisphäre liegen, sind die sogenannten planetarischen Nebelflecke, welche zuerst Herschel der Vater entdeckt hat und welche zu den wundersamsten Erscheinungen des Himmels gehören. Sie haben die auffallendste Ähnlichkeit mit Planetenscheiben. Der größere Teil ist rund oder etwas oval, bald scharf begrenzt, bald verwaschen und dunstig an den Rändern. Die Scheiben vieler haben ein sehr gleichförmiges Licht, andere sind wie gesprenkelt oder schwach gefleckt (mottled or of a peculiar texture, as if curdled). Man sieht nie Spuren einer Verdichtung gegen das Centrum. Fünf planetarische Nebelflecke hat Lord Rosse als Ringnebel erkannt, mit 1 oder 2 Centralsternen. Der größte planetarische Nebelfleck liegt im großen Bären (unfern ζ Ursae maj.), und wurde von Méchain 1781 entdeckt. Der Durchmesser der Scheibe ist 2′ 40″. Der planetarische Nebel im südlichen Kreuz (Nr. 3365, Kapreise p. 100) hat bei einer Scheibe von kaum 12″ Durchmesser doch die Helligkeit eines Sterns 6 . 7. Größe. Sein Licht ist indigoblau, und eine solche bei Nebelflecken merk-

würdige Färbung findet sich auch bei drei anderen Gegenständen derselben Form, in denen jedoch das Blau eine geringere Intensität hat.[23] Die blaue Färbung einiger planetarischen Nebel spricht gar nicht gegen die Möglichkeit, daß sie aus kleinen Sternen zusammengesetzt seien; denn wir kennen blaue Sterne nicht bloß in beiden Teilen eines Doppelsternpaares, sondern auch ganz blaue Sternhaufen, oder solche, die mit roten und gelben Sternchen vermischt sind.[24]

Die Frage, ob die planetarischen Nebelflecke sehr ferne Nebelsterne sind, in denen der Unterschied zwischen einem erleuchtenden Centralsterne und der ihn umgebenden Dunsthülle für unser teleskopisches Sehen verschwindet, habe ich schon in dem Anfange des Naturgemäldes berührt. Möchte durch Lord Rosses Riesenteleskop doch endlich die Natur so wunderbarer planetarischer Dunstscheiben erforscht werden! Wenn es schon so schwierig ist, sich von den verwickelten dynamischen Bedingungen einen klaren Begriff zu machen, unter denen in einem kugelrunden oder sphäroidisch abgeplatteten Sternhaufen die rotierenden, zusammengedrängten und gegen das Centrum hin spezifisch dichteren Sonnen (Fixsterne) ein System des Gleichgewichtes bilden,[25] so nimmt diese Schwierigkeit noch mehr in denjenigen kreisrunden, wohlumgrenzten, planetarischen Nebelscheiben zu, welche eine ganz gleichförmige, im Centrum gar nicht verstärkte Helligkeit zeigen. Ein solcher Zustand ist mit der Kugelform (mit dem Aggregatzustande vieler tausend Sternchen) weniger als mit der Idee einer gasförmigen Photosphäre zu vereinigen, die man in unserer Sonne mit einer dünnen, undurchsichtigen, oder doch sehr schwach erleuchteten Dunstschicht bedeckt glaubt. Scheint das Licht in der planetarischen Nebelscheibe nur darum so gleichförmig verbreitet, weil wegen großer Ferne der Unterschied zwischen Centrum und Rand verschwindet?

Die vierte und letzte Formgattung der regelmäßigen Nebel sind William Herschels Nebelsterne (Nebulous Stars), d. i. wirkliche Sterne mit einem milchigen Nebel umgeben, welcher sehr wahrscheinlich in Beziehung zu dem Centralsterne steht und von diesem abhängt. Ob der Nebel, welcher nach Lord Rosse und Mr. Stoney bei einigen ganz ringförmig erscheint (Philos. Transact. for 1850, Pl. XXXVIII, fig. 15 und 16), selbstleuchtend ist und eine Photosphäre wie bei unserer Sonne bildet, ob er (was wohl weniger wahrscheinlich) von der Centralsonne bloß erleuchtet wird, darüber herrschen

sehr verschiedenartige Meinungen. Derham und gewissermaßen auch Lacaille, welcher am Vorgebirge der guten Hoffnung viele Nebelsterne aufgefunden, glaubten, daß die Sterne weit vor den Nebeln stünden und sich auf diese projizierten. Marian scheint zuerst (1731) die Ansicht ausgesprochen zu haben, daß die Nebelsterne von einer Lichtatmosphäre umgeben seien, die ihnen angehöre. Man findet selbst größere Sterne (z. B. 7. Größe, wie in Nr. 675 des Kat. von 1833), deren Photosphäre einen Durchmesser von 2 bis 3 Minuten hat.[26]

Eine Klasse von Nebelflecken, welche von der bisher beschriebenen, sogenannten regelmäßigen und immer wenigstens schwach begrenzten gänzlich abweicht, sind die großen Nebelmassen von unregelmäßiger Gestaltung. Sie zeichnen sich durch die verschiedenartigsten unsymmetrischen Formen mit unbestimmten Umrissen und verwaschenen Rändern aus. Es sind rätselhafte Naturerscheinungen sui generis, die hauptsächlich zu den Meinungen von der Existenz kosmischen Gewölkes und selbstleuchtender Nebel, welche in den Himmelsräumen zerstreut und dem Substratum des Tierkreislichtes ähnlich seien, Anlaß gegeben haben. Einen auffallenden Kontrast bieten solche irreguläre Nebel dar, die mehrere Quadratgrade des Himmelsgewölbes bedecken, mit der kleinsten aller regulären, isolierten und ovalen Nebelscheiben, welche die Lichtstärke eines teleskopischen Sternes 14. Größe hat und zwischen dem Altar und dem Paradiesvogel in der südlichen Hemisphäre liegt. Nicht zwei von den unsymmetrischen, diffusen Nebelmassen gleichen einander,[27] aber, setzt nach vieljähriger Beobachtung Sir John Herschel hinzu, „was man in allen erkennt, und was ihnen einen eigentümlichen Charakter gibt, ist, daß alle in oder sehr nahe den Rändern der Milchstraße liegen, ja als Ausläufer von ihr betrachtet werden können". Dagegen sind die regelmäßig gestalteten, meist wohlumgrenzten, kleinen Nebelflecke teils über den ganzen Himmel zerstreut, teils zusammengedrängt fern von der Milchstraße in eigenen Regionen, in der nördlichen Hemisphäre in den Regionen der Jungfrau und der Fische. Sehr entfernt von dem sichtbaren Rande der Milchstraße (volle 15°) liegt allerdings die große irreguläre Nebelmasse im Schwert des Orion, doch aber gehört auch sie vielleicht der Verlängerung des Zweiges der Milchstraße an, welcher von ν und ο des Perseus sich gegen Aldebaran und die Hyaden zu verlieren scheint und dessen wir schon oben (Kosmos Bd. III,

S. 130) erwähnt haben. Die schönsten Sterne, welche der Konstellation des Orion ihre alte Berühmtheit gegeben, werden ohnedies zu der Zone sehr großer und wahrscheinlich uns naher Gestirne gerechnet, deren verlängerte Richtung ein durch ε Orionis und α Crucis gelegter größter Kreis in der südlichen Milchstraße bezeichnet.

Eine früher weit verbreitete Meinung von einer Milchstraße der Nebelflecke, welche die Milchstraße der Sterne ungefähr rechtwinkelig schneide, ist durch neuere und genauere Beobachtungen über Verbreitung der symmetrischen Nebelflecke am Himmelsgewölbe keineswegs[28] bestätigt worden. Es gibt allerdings, wie eben erinnert worden ist, sehr große Anhäufungen an dem nördlichen Pole der Milchstraße, auch eine ansehnliche Fülle bei den Fischen am südlichen Pole, aber eine Zone, welche diese beiden Pole miteinander verbände und durch Nebelflecke bezeichnet würde, kann der vielen Unterbrechungen wegen nicht als ein größter Zirkel aufgefunden werden. William Herschel hatte 1784, am Schlusse der ersten Abhandlung über den Bau des Himmels, diese Ansicht auch nur mit der den Zweifel nicht ausschließenden Vorsicht entwickelt, welche eines solchen Forschers würdig war.

Von den unregelmäßigen oder vielmehr unsymmetrischen Nebeln sind einige (im Schwert des Orion, bei η Argûs, im Schützen und im Schwan) merkwürdig durch ihre außerordentliche Größe, andere (Nr. 27 und 51 des Verzeichnisses von Messier) durch ihre besondere Gestalt.

Was den großen Nebelfleck im Schwerte des Orion betrifft, so ist schon früher bemerkt worden, daß Galilei, der sich so viel mit den Sternen zwischen dem Gürtel und dem Schwert des Orion beschäftigt,[29] ja eine Karte dieser Gegend entworfen hat, nie desselben erwähnt. Was er Nebulosa Orionis nennt und neben Nebulosa Praesepe abbildet, erklärt er ausdrücklich für eine Anhäufung kleiner Sterne (stellarum constipatarum) im Kopfe des Orion. In der Zeichnung, die in dem Sidereus Nuncius § 20 von dem Gürtel bis zum Anfang des rechten Schenkels (α Orionis) reicht, erkenne ich über dem Stern ι den vielfachen Stern θ. Die Vergrößerungen, welche Galilei anwandte, erhoben sich von der achtmaligen nur zur dreißigmaligen. Da der Nebel im Schwerte nicht isoliert steht, sondern in unvollkommenen Fernröhren oder trüber Luft eine Art Hof um den Stern θ bildet, so möchte dem großen Florentiner Beobachter deshalb

seine individuelle Existenz und seine Gestaltung entgangen sein. Es war derselbe ohnedies wenig zur Annahme von Nebeln geneigt. Erst 14 Jahre nach Galileis Tode, im Jahre 1656, entdeckte Huygens den großen Orionnebel; er gab eine rohe Abbildung desselben in dem Systema Saturnium, das 1659 erschien. „Als ich," sagt der große Mann, „durch einen Refraktor von 23 Fuß Fokallänge die veränderlichen Streifen des Jupiter, einen dunkeln Centralgürtel im Mars und einige schwache Phasen des Planeten beobachtete, ist mir in den Fixsternen eine Erscheinung vorgekommen, welche meines Wissens bisher noch von niemand beobachtet worden ist und nur durch solche große Fernröhren genau beobachtet werden kann, als ich anwende. Im Schwert des Orion werden von den Astronomen drei Sterne aufgezählt, die sehr nahe aneinander liegen. Als ich nun zufällig im Jahre 1656 den mittleren dieser Sterne durch mein Fernrohr betrachtete, zeigten sich mir statt eines einzelnen Sternes zwölf, was (bei Fernröhren) allerdings nichts Seltenes ist. Von diesen waren (wieder) drei fast einander berührend und andere vier leuchteten wie durch einen Nebel, so daß der Raum um sie her, gestaltet, wie er in der beigefügten Figur gezeichnet ist, viel heller erschien als der übrige Himmel. Dieser war gerade sehr heiter und zeigte sich ganz schwarz, es war daher die Erscheinung, als gäbe es hier eine Oeffnung (hiatus), eine Unterbrechung. Alles dies sah ich bis auf den heutigen Tag mehrmals und in derselben Gestalt unverändert, also, daß dies Wunderwesen, was es auch sein möge, dort seinen Sitz wahrscheinlich für immer hat. Etwas Aehnliches habe ich bei den übrigen Fixsternen nie gesehen." (Der 54 Jahre früher von Simon Marius beschriebene Nebelfleck der Andromeda war ihm also unbekannt oder hatte ihm wenig Interesse erregt!) „Was man sonst für Nebel hielt," setzt Huygens hinzu, „selbst die Milchstraße durch Fernröhren betrachtet, zeigen nichts Nebelartiges und sind nichts anderes, als eine in Haufen zusammengedrängte Vielzahl von Sternen." [30] Die Lebhaftigkeit dieser ersten Beschreibung zeugt von der Frische und Größe des Eindruckes; aber welch ein Abstand von dieser ersten Abbildung aus der Mitte des 17. Jahrhunderts und den etwas weniger unvollkommenen von Picard, le Gentil und Messier bis zu den herrlichen Zeichnungen von Sir John Herschel (1837) und William Cranch Bond (1848), dem Direktor der Sternwarte zu Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Der erste unter den zwei zuletzt genannten Astronomen hat den großen Vorzug gehabt, den Orionsnebel seit 1834 am Vorgebirge der guten Hoffnung in einer Höhe von 60° und mit einem 20füßigen Reflektor zu beobachten und seine frühere[31] Abbildung von 1824 bis 1826 noch zu vervollkommnen. In der Nähe von ζ Orionis wurde die Position von 150 Sternen, meist 15. bis 18. Größe, bestimmt. Das berühmte Trapez, das nicht von Nebel umgeben ist, wird von vier Sternen, 4^m, 6^m, 7^m und 8^m gebildet. Der 4. Stern ward (1666?) von Dominikus Cassini in Bologna[32] entdeckt, der 5. (γ) im Jahre 1826 von Struve, der 6., welcher 13. Größe ist (α), im Jahre 1832 von Sir John Herschel. Der Direktor der Sternwarte des Collegio Romano, de Vico, hat angekündigt, im Anfange des Jahres 1839 durch seinen großen Refraktor von Cochoix innerhalb des Trapezes selbst noch drei andere Sterne aufgefunden zu haben. Sie sind von Herschel dem Sohne und von William Bond nicht gesehen worden. Der Teil des Nebels, welcher dem fast unnebligen Trapez am nächsten liegt und gleichsam den vorderen Teil des Kopfes, über dem Rachen, die Regio Huygeniana, bildet, ist fleckig, von körniger Textur und durch das Riesenteleskop des Earl of Rosse wie in dem großen Refraktor von Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in Sternhaufen aufgelöst.[33] Unter den genauen neuen Beobachtern haben auch Lamont in München, Cooper und Lassel in England viele Positionen kleiner Sterne bestimmt; der erste hat eine 1200malige Vergrößerung angewandt. Von Veränderungen in dem relativen Glanze und den Umrissen des großen Orionsnebels glaubte Sir William Herschel sich durch Vergleichung seiner eigenen, mit denselben Instrumenten angestellten Beobachtungen von 1783 bis 1811 überzeugt zu haben. Bouillaud und le Gentil hatten eben dies vom Nebel der Andromeda behauptet. Die gründlichen Untersuchungen von Herschel dem Sohne machen diese für erwiesen gehaltenen kosmischen Veränderungen auf das wenigste überaus zweifelhaft.

Großer Nebelfleck um η Argus. — Es liegt derselbe in der durch ihren prachtvollen Lichtglanz so ausgezeichneten Region der Milchstraße, welche sich von den Füßen des Centauren durch das südliche Kreuz nach dem mittleren Teile des Schiffes hinzieht. Das Licht, welches diese Region ausgießt, ist so außerordentlich, daß ein genauer, in der Tropenwelt von Indien heimischer Beobachter, der Kapitän Jacob,

ganz mit meiner vierjährigen Erfahrung übereinstimmend, bemerkt, man werde, ohne die Augen auf den Himmel zu richten, durch eine plötzliche Zunahme der Erleuchtung an den Aufgang des Kreuzes und der dasselbe begleitenden Zone erinnert.[34] Der Nebelfleck, in dessen Mitte der durch seine Intensitätsveränderungen so berühmt gewordene Stern η Argûs liegt, bedeckt über $^3/_7$ eines Quadratgrades der Himmelsdecke. Der Nebel selbst, in viele unförmliche Massen verteilt, die in ungleicher Lichtstärke sind, zeigt nirgends das gesprenkelte, körnige Ansehen, welches die Auflösung ahnen läßt. Er umschließt ein sonderbar geformtes, leeres, mit einem sehr schwachen Lichtschein bedecktes, ausgeschweiftes Lemniskat-Oval. Eine schöne Abbildung der ganzen Erscheinung, die Frucht von zweimonatlichen Messungen, findet sich in den Kapbeobachtungen von Sir John Herschel. Dieser hat in dem Nebelfleck von η Argûs nicht weniger als 1216 Positionen von Sternen, meist 14^m bis 16^m, bestimmt. Die Reihenfolge derselben erstreckt sich noch weit außerhalb des Nebels in die Milchstraße hinein, wo sie sich auf den schwärzesten Himmelsgrund projizieren und von ihm abheben. Sie stehen daher wohl in keiner Beziehung zu dem Nebel selbst und liegen wahrscheinlich weit vor ihm. Die ganze benachbarte Gegend der Milchstraße ist übrigens so reich an Sternen (nicht Sternhaufen), daß zwischen RA. 9^h 50′ und 11^h 34′ durch den teleskopischen Eichprozeß (star-gauges) für einen jeden mittleren Quadratgrad 3138 Sterne gefunden worden sind. Diese Sternmenge steigt sogar bis 5093 in den Eichungen (sweeps) für RA. 11^h 24′; das sind für einen Quadratzoll Himmelsgewölbe mehr Sterne als dem unbewaffneten Auge am Horizont von Paris oder Alexandrien Sterne 1. bis 6. Größe sichtbar werden.

Der Nebelfleck im Schützen. — Er ist von beträchtlicher Größe, wie aus vier einzelnen Massen zusammengesetzt (RA. 17^h 53′, N.P.D. 114° 21′), deren eine wiederum dreiteilig ist. Alle sind durch nebelfreie Stellen unterbrochen, und das Ganze war schon von Messier unvollkommen gesehen.

Die Nebelflecke im Schwan. — Mehrere irreguläre Massen, von denen eine einen sehr schmalen, geteilten Strang bildet, welcher durch den Doppelstern η Cygni geht. Den Zusammenhang der so ungleichen Nebelmassen durch ein sonderbares zellenartiges Gewebe hat zuerst Mason erkannt.[35]

Der Nebelfleck im Fuchse — von Messier unvollkommen gesehen, Nr. 27 seines Verzeichnisses; aufgefunden bei der Gelegenheit der Beobachtung des Bodeschen Kometen von 1779. Die genaue Bestimmung der Position (M. 19" 52', N.P.D. 67° 43') und die erste Abbildung sind von Sir John Herschel. Es erhielt der Nebelfleck, der eine nicht unregelmäßige Gestalt hat, zuerst den Namen Dumb-bell, bei Anwendung eines Reflektors mit 18zölliger Oeffnung (Philos. Transact. for 1833, Nr. 2060, fig. 26; Outlines § 881). Die Aehnlichkeit mit den Dumb-bells (eisernen, bleigefüllten, lederüberzogenen Kolben, zu beiden Seiten kugelförmig endigend, deren man sich in England zur Stärkung der Muskeln gymnastisch bedient) ist in einem Reflektor von Lord Rosse[36] mit 3füßiger Oeffnung verschwunden (s. dessen wichtige neueste Abbildung, Philos. Transact. for 1850, Pl. XXXVIII, fig. 17). Die Auflösung in zahlreiche Sterne gelang ebenfalls, aber die Sterne blieben mit Nebel gemischt.

Der Spiral-Nebelfleck im nördl. Jagdhunde. Er wurde von Messier aufgefunden am 13. Oktober 1773 (bei Gelegenheit des von ihm entdeckten Kometen) am linken Ohre des Asterion, sehr nahe bei η (Benetnasch) am Schwanz des großen Bären (Nr. 51 Messier und Nr. 1622 des großen Verzeichnisses in den Philos. Transact. 1833, p. 496, fig. 25); eine der merkwürdigsten Erscheinungen am Firmamente, sowohl wegen der wundersamen Gestaltung des Nebels, als wegen der unerwarteten formumwandelnden Wirkung, welche der 6füßige Spiegel des Lord Rosse auf ihn ausgeübt hat. In dem 18zölligen Spiegelteleskop von Sir John Herschel zeigte sich der Nebelfleck kugelrund, von einem weit abstehenden Ringe umgeben, so daß er gleichsam ein Bild unserer Sternschicht und ihres Milchstraßenringes darstellte. Das große Teleskop von Parsonstown verwandelte aber im Frühjahr 1845 das Ganze in ein schneckenartig gewundenes Tau, in eine leuchtende Spira, deren Windungen uneben erscheinen und an beiden Extremen, im Centrum und auswärts, in dichte, körnige, kugelrunde Knoten auslaufen. Dr. Nichol hat eine Abbildung dieses Gegenstandes (dieselbe, welche Lord Rosse der Gelehrtenversammlung in Cambridge 1845 vorlegte) bekannt gemacht.[37] Die vollkommenste ist aber die von Mr. Johnstone Stoney, Philos. Transact. 1850, Part. 1, Pl. XXXV, fig. 1. Ganz ähnliche Spiralform haben Nr. 99 Messier, mit einem einzigen Centralnucleus, und andere nördliche Nebel.

Es bleibt noch übrig, ausführlicher, als es in dem allgemeinen Naturgemälde hat geschehen können, von einem Gegenstande zu reden, welcher in der Welt der Gestaltungen, die das gesamte Firmament darbietet, einzig ist, ja, wenn ich mich so ausdrücken darf, die landschaftliche Anmut der südlichen Himmelsgefilde erhöht. Die beiden Magelhaenschen Wolken, welche wahrscheinlich zuerst von portugiesischen, dann von holländischen und dänischen Piloten Kapwolken genannt wurden,[38] fesseln, wie ich aus eigener Erfahrung weiß, durch ihren Lichtglanz, ihre sie individualisierende Isoliertheit, ihr gemeinsames Kreisen um den Südpol, doch in ungleichen Abständen, auf das lebhafteste die Aufmerksamkeit des Reisenden. Daß diejenige Benennung, welche sich auf Magelhaens Weltumsegelung bezieht, nicht die ältere sei, wird durch die ausdrückliche Erwähnung und Beschreibung der kreisenden Lichtwolken von dem Florentiner Andrea Corsali in der Reise nach Cochin und von dem Sekretär Ferdinands des Katholischen, Petrus Martyr de Anghiera, in seinem Werke De rebus Oceanicis et Orbe novo (Dec. I, lib. IX, p. 96) widerlegt. Die hier bezeichneten Angaben sind beide vom Jahr 1515, während Pigafetta, der Begleiter Magelhaens, in seinem Reisejournale der nebbiette nicht eher als im Jahre 1521 gedenkt, wo das Schiff Viktoria aus der Patagonischen Meerenge in die Südsee gelangte. Der sehr alte Name Kapwolken ist übrigens nicht durch die Nähe der noch südlicheren Konstellation des Tafelberges entstanden, da letztere erst von Lacaille eingeführt worden ist. Die Benennung könnte eher eine Beziehung haben auf den wirklichen Tafelberg und auf die lange von den Seeleuten gefürchtete sturmverkündende Erscheinung einer kleinen Wolke auf seinem Gipfel. Wir werden bald sehen, daß die beiden Nubeculae, in der südlichen Hemisphäre lange bemerkt, aber namenlos geblieben, mit Ausdehnung der Schiffahrt und zunehmender Belebtheit gewisser Handelsstraßen Benennungen erhielten, welche durch diese Handelsstraßen selbst veranlaßt wurden.

Die frequente Beschiffung des Indischen Meeres, welches das östliche Afrika bespült, hat am frühesten, besonders seit der Zeit der Lagiden und der Monsunfahrten, Seefahrer mit den dem antarktischen Pole nahen Gestirnen bekannt gemacht. Bei den Arabern findet man, wie bereits oben erwähnt worden ist, schon in der Mitte des 10. Jahrhunderts einen Namen für die größere der Magelhaenschen Wolken. Sie ist,

wie Ideler aufgefunden, identisch mit dem (weißen) Ochsen, el-bakar, des berühmten Astronomen Derwisch Abdurrahman Sufi aus Rai, einer Stadt des persischen Irak. Es sagt derselbe in der Anleitung zur Kenntnis des gestirnten Himmels, die er am Hofe der Sultane aus der Dynastie der Buyiden anfertigte: „Unter den Füßen des Suhel (es ist hier ausdrücklich der Suhel des Ptolemäus, also Canopus, gemeint, wenngleich die arabischen Astronomen auch mehrere andere große Sterne des Schiffes, el-sefina, Suhel nannten) steht ein weißer Fleck, den man weder in Irak (in der Gegend von Bagdad) noch im Nedschd (Nedjed), dem nördlicheren und gebirgigeren Arabien, sieht, wohl aber in der südlichen Tehama zwischen Mekka und der Spitze von Yemen, längs der Küste des Roten Meeres.“[39] Die relative Position des Weißen Ochsen zum Canopus ist hier für das unbewaffnete Auge genau genug angegeben; denn die Rektaszension von Canopus ist $6^h\ 20'$, und der östliche Rand der Großen Magelhaensschen Wolke hat die Rektaszension $6^h\ 0'$. Die Sichtbarkeit der Nubecula major in nördlichen Breiten hat durch die Präzession seit dem 10. Jahrhundert sich nicht erheblich ändern können, indem dieselbe in den nächstverflossenen Jahrtausenden das Maximum ihrer Entfernung vom Norden erreichte. Wenn man die neue Ortsbestimmung der großen Wolke von Sir John Herschel annimmt, so findet man, daß zur Zeit von Abdurrhaman Sufi der Gegenstand bis 17° nördlicher Breite vollständig sichtbar war; gegenwärtig ist er es ungefähr bis 18°. Die südlichen Wolken konnten also gesehen werden im ganzen südwestlichen Arabien, in dem Weihrauchlande von Hadhramaut, wie in Yemen, dem alten Kultursitze von Saba und der früh eingewanderten Joktaniden. Die südlichste Spitze von Arabien, bei Aden, an der Straße von Bab-el-Mandeb, hat 12° 45′, Loheia erst 15° 44′ nördlicher Breite. Die Entstehung vieler arabischer Ansiedelungen an der Ostküste von Afrika zwischen den Wendekreisen, nördlich und südlich vom Aequator, trug natürlich auch zur spezielleren Kenntnis der südlichen Gestirne bei.

Gebildetere europäische (vor allen katalanische und portugiesische) Piloten besuchten zuerst die Westküste Afrikas jenseits der Linie. Unbezweifelte Dokumente: die Weltkarte von Marino Sanuto Torsello aus dem Jahre 1306, das genuesische Portulano Mediceo (1351), das Planisferio de la Palatina (1417) und das Mappamondo di Fra

Mauro Camaldolese (zwischen 1457 und 1459) beweisen, wie schon 178 Jahre vor der sogenannten ersten Entdeckung des Cabo tormentoso (Vorgebirge der guten Hoffnung), durch Bartholomäus Diaz im Monat Mai 1487, die triangulare Konfiguration der Südextremität des afrikanischen Kontinentes bekannt war.[40] Die mit Gamas Expedition schnell zunehmende Wichtigkeit eines solchen Handelsweges ist wegen des gemeinsamen Zieles aller westafrikanischen Reisen die Veranlassung gewesen, daß den beiden südlichen Nebelwolken die Benennung Kapwolken von den Piloten, als sonderbarer, auf Kapreisen gesehener Himmelserscheinungen, beigelegt wurde.

An der Ostküste von Amerika haben die fortgesetzten Bestrebungen, bis jenseits des Aequators, ja bis an die Südspitze des Kontinentes vorzudringen, von der Expedition des Alonso de Hojeda, welchen Amerigo Vespucci begleitete (1499), bis zu der Expedition von Magelhaens mit Sebastian del Cano (1521) und von Garcia de Loaysa[41] mit Francisco de Hoces (1525), die Aufmerksamkeit der Seefahrer ununterbrochen auf die südlichen Gestirne gerichtet. Nach den Tagebüchern, die wir besitzen, und nach den historischen Zeugnissen von Anghiera ist dies vorzugsweise geschehen bei der Reise von Amerigo Vespucci und Vincente Yañez Pinzon, auf welcher das Vorgebirge San Augustin (8° 20′ südl. Br.) entdeckt wurde. Vespucci rühmt sich, drei Canopen (einen dunklen, Canopo fosco, und zwei Canopi risplendenti) gesehen zu haben. Nach einem Versuche, welchen Ideler, der scharfsinnige Verfasser der Werke über die Sternnamen und die Chronologie gemacht hat, Vespuccis sehr verworrene Beschreibung des südlichen Himmels in dem Briefe an Lorenzo Pierfrancesco de' Medici, von der Partei der Popolani, zu erläutern, gebrauchte jener das Wort Canopus auf eine ebenso unbestimmte Weise, als die arabischen Astronomen das Wort Suhel. Ideler erweist, „der Canopo fosco nella via lattea sei nichts anderes als der schwarze Flecken oder große Kohlensack im südlichen Kreuze gewesen, und die Position von drei Sternen, in denen man α, β und γ der kleinen Wasserschlange (Hydrus) zu erkennen glaubt, mache es höchst wahrscheinlich, daß der Canopo risplendente di notabile grandezza (von beträchtlichem Umfange) die Nubecula major, wie der zweite risplendente die Nubecula minor sei". Es bleibt immer sehr auffallend, daß Vespucci diese am Firmament neu gesehe-

nen Gegenstände nicht, wie alle anderen Beobachter beim ersten Anblicke gethan, mit Wolken verglichen habe. Man sollte glauben, eine solche Vergleichung biete sich unwiderstehlich dar. Petrus Martyr Anghiera, der mit allen Entdeckern persönlich bekannt war und dessen Briefe unter dem lebendigen Eindrucke ihrer Erzählungen geschrieben sind, schildert unverkennbar den milden, aber ungleichen Lichtglanz der Nubeculae. Er sagt: „Assecuti sunt Portugallenses alterius poli gradum quinquagesimum amplius, ubi punctum (polum?) circumeuntes *quasdam nubeculas* licet intueri, veluti in lactea via sparsos fulgores per universi coeli globum intra ejus spatii latitudinem.“[42] Der glänzende Ruf und die lange Dauer der Magelhaensschen Weltumsegelung (vom August 1519 bis September 1522), der lange Aufenthalt einer zahlreichen Mannschaft unter dem südlichen Himmel verdunkelte die Erinnerung an alles früher Beobachtete und der Name Magelhaensscher Wolken verbreitete sich unter den schiffahrenden Nationen des Mittelmeeres.

Wir haben hier in einem einzelnen Beispiele gezeigt, wie die Erweiterung des geographischen Horizontes gegen Süden der beschauenden Astronomie ein neues Feld geöffnet hat. Den Piloten boten sich unter dem neuen Himmel besonders vier Gegenstände der Neugier dar: das Aufsuchen eines südlichen Polarsternes, die Gestalt des südlichen Kreuzes, das senkrechte Stellung hat, wenn es durch den Meridian des Beobachtungsortes geht, die Kohlensäcke und die kreisenden Lichtwolken. Wir lernen aus der in viele Sprachen übersetzten Anweisung zur Schiffahrt (Arte de Navegar, lib. V, cap. 11) von Pedro de Medina, zuerst herausgegeben 1545, daß schon in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts Meridianhöhen des Cruzero zu Bestimmung der Breite angewandt wurden. Auf das bloße Beschauen folgte also schnell das Messen. Die erste Arbeit über Sternpositionen nahe am antarktischen Pole wurde durch Abstände von bekannten Tychonischen Sternen der Rudolfinischen Tafeln erlangt; sie gehört, wie ich schon früher bemerkt habe, dem Petrus Theodori aus Emden und dem Friedrich Houtman aus Holland, welcher um das Jahr 1594 in den indischen Meeren schiffte, an. Die Resultate ihrer Messungen wurden bald in die Sternkataloge und Himmelsgloben von Blaeuw (1601), Bayer (1603) und Paul Merula (1605) aufgenommen. Das sind die schwachen Anfänge zur Ergründung

der Topographie des südlichen Himmels vor Halley (1677), vor den verdienstvollen astronomischen Bestrebungen der Jesuiten Jean de Fontaney, Richaud und Noël. Es bezeichnen in innigem Zusammenhange die Geschichte der Astronomie und die Geschichte der Erdkunde jene denkwürdigen Epochen, in denen (kaum erst seit drittehalbhundert Jahren) das kosmische Bild des Firmamentes wie das Bild von den Umrissen der Kontinente vervollständigt werden konnten.

Die Magelhaensschen Wolken, von welchen die größere 42, die kleine 10 Quadratgrade des Himmelsgewölbes bedeckt, lassen dem bloßen Auge allerdings auf den ersten Anblick denselben Eindruck, welchen zwei glänzende Teile der Milchstraße von gleicher Größe machen würden, wenn sie isoliert stünden. Bei hellem Mondschein verschwindet indes die kleine Wolke gänzlich, die große verliert nur beträchtlich von ihrem Lichte. Die Abbildung, welche Sir John Herschel gegeben hat, ist vortrefflich und stimmt genau mit meinen lebhaftesten peruanischen Erinnerungen überein. Der angestrengten Arbeit dieses Beobachters im Jahre 1837 am Vorgebirge der guten Hoffnung verdankt[43] die Astronomie die erste genaue Analyse eines so wunderbaren Aggregates der verschiedenartigsten Elemente. Er fand einzelne zerstreute Sterne in großer Zahl, Sternschwärme und kugelförmige Sternhaufen, ovale reguläre und irreguläre Nebelflecke, mehr zusammengedrängt als in der Nebelzone der Jungfrau und des Haupthaares der Berenice. Die Nubeculae sind also eben wegen dieses komplizierten Aggregatzustandes weder (wie nur zu oft geschehen) als außerordentlich große Nebelflecke noch als sogenannte abgesonderte Teile der Milchstraße zu betrachten. In dieser gehören runde Sternhaufen und besonders ovale Nebelflecke, zu den seltneren Erscheinungen, eine kleine Zone abgerechnet, welche zwischen dem Altar und dem Schwanz des Skorpions liegt.

Die Magelhaensschen Wolken hängen weder untereinander noch mit der Milchstraße durch einen erkennbaren Nebelduft zusammen. Die kleine liegt, außer der Nähe des Sternhaufens im Toucan, in einer Art von Sternwüste, die große in einem minder öden Himmelsraume. Der letzteren Bau und innere Gestaltung ist so verwickelt, daß in derselben Massen (wie Nr. 2878 des Herschelschen Verzeichnisses) gefunden werden, welche den Aggregatzustand und das Bild der ganzen Wolke genau wiederholen. Des verdienstvollen

Horners Vermutung, als seien die Wolken einst Teile der Milchstraße gewesen, in der man gleichsam ihre vormaligen Stellen erkenne, ist eine Mythe, und ebenso unbegründet als die Behauptung, daß in ihnen seit Lacailles Zeiten eine Fortbewegung, eine Veränderung der Position zu bemerken sei. Diese Position ist wegen Unbestimmtheit der Ränder in Fernröhren von kleinerer Oeffnung früher unrichtig angegeben worden; ja Sir John Herschel erwähnt, daß auf allen Himmelsgloben und Sternkarten die kleine Wolke fast um eine Stunde in Rektaszension falsch eingetragen wird. Nach ihm liegt Nubecula minor zwischen den Meridianen von 0^h 28′ und 1^h 15′, N.P.D. 162° und 165°, Nubecula major RA. 4^h 40′ bis 6^h 0′ und N.P.D. 156° bis 162°. Von Sternen, Nebelflecken und Clusters hat er in den letzteren nicht weniger als 919, in den ersten 244 nach Geradaufsteigung und Abweichung verzeichnet. Um die drei Klassen von Gegenständen zu trennen, habe ich in dem Verzeichnis gezählt:

in Nub. major 582 Sterne, 291 Nebelflecke, 46 Sternhaufen
in Nub. minor 200 „ 37 „ 7 „

Die geringere Zahl der Nebel in der kleinen Wolke ist auffallend. Das Verhältnis derselben zu den Nebeln der großen Wolke ist wie 1 : 8, während das Verhältnis der isolierten Sterne sich ungefähr wie 1 : 3 ergibt. Diese verzeichneten Sterne, fast 800 an der Zahl, sind meistenteils 7. und 8. Größe, einige 9. bis 10. Mitten in der großen Wolke liegt ein schon von Lacaille erwähnter Nebelfleck, 30 Doradûs Bode (Nr. 2491 von John Herschel), von einer Gestalt, welcher keine andere am Himmel gleichkommen soll. Es nimmt dieser Nebelfleck kaum $^1/_{500}$ der Area der ganzen Wolke ein, und doch hat Sir John Herschel die Position von 105 Sternen 14. bis 16. Größe in diesem Raume bestimmt, Sternen, die sich auf den ganz unaufgelösten, gleichförmig schimmernden, nicht scheckigen Nebel projizieren.

Den Magelhaensschen Lichtwolken gegenüber kreisen um den Südpol in größerem Abstande die schwarzen Flecken, welche früh, am Ende des 15. und im Anfang des 16. Jahrhunderts, die Aufmerksamkeit portugiesischer und spanischer Piloten auf sich gezogen haben. Sie sind wahrscheinlich, wie schon gesagt, unter den drei Canopen, deren Amerigo Vespucci in seiner dritten Reise erwähnt, der Canopo fosco. Die erste sichere Andeutung der Flecken finde ich in der ersten Dekade

von Anghieras Werke De rebus Oceanicis (Dec. I, lib. IX, ed. 1533, p. 20, b). „Interrogati a me nautae qui Vicentium Agnem Pinzonum fuerant comitati (1499), an antarcticum viderint polum, stellam se nullam huic arcticae similem, quae discerni circa punctum (polum?) possit, cognovisse inquiunt. Stellarum tamen aliam, ajunt, se prospexisse, faciem densamque quandam ab horizonte vaporosam caliginem, quae oculos fere obtenebraret." Das Wort stella wird hier wie ein himmlisches Gebilde genommen, und die Erzählenden mögen sich freilich wohl nicht sehr deutlich über eine caligo, welche die Augen verfinstert, ausgedrückt haben. Befriedigender spricht Pater Joseph Acosta aus Medina del Campo über die schwarzen Flecken und die Ursache dieser Erscheinung. Er vergleicht sie in seiner Historia natural de las Indias (lib. I, cap. 2) in Hinsicht auf Farbe und Gestalt mit dem verfinsterten Teile der Mondscheibe. „So wie die Milchstraße," sagt er, „glänzender ist, weil sie aus dichterer Himmelsmaterie besteht und deshalb mehr Licht ausstrahlt, so sind die schwarzen Flecken, die man in Europa nicht sieht, ganz ohne Licht, weil sie eine Region des Himmels bilden, welche leer, d. h. aus sehr undichter und durchsichtiger Materie zusammengesetzt ist." Wenn ein berühmter Astronom in dieser Beschreibung die Sonnenflecken erkannt hat, so ist dies nicht minder sonderbar, als daß der Missionar Richaud (1689) Acostas manchas negras für die Magelhaensschen Lichtwolken hält.

Richaud spricht übrigens, wie die ältesten Piloten, von Kohlensäcken im Plural; er nennt deren zwei: den großen im Kreuz und einen anderen in der Karlseiche; der letztere wird in anderen Beschreibungen gar wieder in zwei voneinander getrennte Flecken geteilt. Diese beschreiben Feuillée, in den ersten Jahren des 18. Jahrhunderts, und Horner (in einem Briefe von 1804, aus Brasilien an Olbers gerichtet) als unbestimmter und an den Rändern verwaschen. Ich habe während meines Aufenthaltes in Peru von den Coal-bags der Karlseiche nie etwas Befriedigendes auffinden können, und da ich geneigt war, es der zu tiefen Stellung der Konstellation zuzuschreiben, so wandte ich mich um Belehrung an Sir John Herschel und den Direktor der Hamburger Sternwarte, Herrn Rümker, welche in viel südlicheren Breiten als ich gewesen sind. Beide haben, trotz ihrer Bemühung, ebenfalls nichts aufgefunden, was in Bestimmtheit der Um-

risse und Tiefe der Schwärze mit dem Coal-sack im Kreuze verglichen werden könnte. Sir John glaubt, daß man nicht von einer Mehrheit von Kohlensäcken reden müsse, wenn man nicht jede, auch nicht umgrenzte dunklere Himmelsstelle (wie zwischen α Centauri und β und γ Trianguli, zwischen η und θ Argûs, und besonders am nördlichen Himmel den leeren Raum in der Milchstraße zwischen ε, α und γ Cygni dafür wolle gelten lassen.

Der dem unbewaffneten Auge auffallendste und am längsten bekannte schwarze Flecken des südlichen Kreuzes liegt zur östlichen Seite dieser Konstellation und hat eine birnförmige Gestalt, bei 8° Länge und 5° Breite. In diesem großen Raume befinden sich ein sichtbarer Stern 6. bis 7. Größe, dazu eine große Menge teleskopischer Sterne 11. bis 13. Größe. Eine kleine Gruppe von 40 Sternen liegt ziemlich in der Mitte. Sternleerheit und Kontrast neben dem prachtvollen Lichtglanze umher werden als Ursachen der merkwürdigen Schwärze dieses Raumes angegeben. Diese letztere Meinung hat sich seit La Caille[44] allgemein erhalten. Sie ist vorzüglich durch die Sterneichungen (gauges and sweeps) um den Raum, wo die Milchstraße wie von einem schwarzen Gewölk bedeckt erscheint, bekräftigt. In dem coal-bag gaben die Eichungen (in gleicher Größe des Gesichtsfeldes) 7 bis 9 teleskopische Sterne (nie völlige Leerheit, blank fields), wenn an den Rändern 120 bis 200 Sterne gezählt wurden. Solange ich in der südlichen Tropengegend war, unter dem sinnlichen Eindruck der Himmelsdecke, die mich so lebhaft beschäftigte, schien mir, wohl mit Unrecht, die Erklärung durch den Kontrast nicht befriedigend. William Herschels Betrachtungen über ganz sternleere Räume im Skorpion und im Schlangenträger, die er Oeffnungen in dem Himmel (Openings in the heavens) nennt, leiteten mich auf die Idee, daß in solchen Regionen die hintereinander liegenden Sternschichten dünner oder gar unterbrochen seien, daß unsere optischen Instrumente die letzten Schichten nicht erreichen, „daß wir wie durch Röhren in den fernsten Weltraum blicken". Ich habe dieser Oeffnungen schon an einem Orte gedacht und die Wirkungen der Perspektive auf solche Unterbrechungen in den Sternschichten sind neuerlichst wieder ein Gegenstand ernster Betrachtung geworden.[45]

Die äußersten und fernsten Schichten selbstleuchtender Weltkörper, der Abstand der Nebelflecke, alles, was wir in

dem letzten der sieben siderischen oder astrognostischen Abschnitte dieses Werkes zusammengedrängt haben, erfüllen die Einbildungskraft und den ahnenden Sinn des Menschen mit Bildern von Zeit und Raum, welche seine Fassungskraft übersteigen. So bewundernswürdig die Vervollkommnungen der optischen Werkzeuge seit kaum sechzig Jahren gewesen sind, so ist man doch zugleich mit den Schwierigkeiten ihrer Konstruktion genug vertraut geworden, um sich über die ungemessenen Fortschritte dieser Vervollkommnung nicht so kühnen, ja ausschweifenden Erwartungen hinzugeben, als die waren, welche den geistreichen Hooke in den Jahren 1663 bis 1665 ernsthaft beschäftigten. Mäßigung in den Erwartungen wird auch hier sicherer zum Ziele führen. Jedes der aufeinander folgenden Menschengeschlechter hat sich des Größten und Erhabensten zu erfreuen gehabt, was es auf der Stufe, zu welcher die Kunst sich erhoben, als die Frucht freier Intelligenz erringen konnte. Ohne in bestimmten Zahlen auszusprechen, wie weit die den Weltraum durchdringende teleskopische Kraft bereits reiche, ohne diesen Zahlen viel Glauben zu schenken, mahnt uns doch schon die Kenntnis von der Geschwindigkeit des Lichtes, daß das Aufglimmen des fernsten Gestirnes, der lichterzeugende Prozeß auf seiner Oberfläche „das älteste sinnliche Zeugnis von der Existenz der Materie ist".

Anmerkungen.

[1] (S. 220.) Die Zahl der Nebelflecken ist unermeßlich groß. John Herschel verzeichnete 1864 ihrer 5079; seither sind in Rom und mit dem großen Teleskop von 0,90 m Oeffnung in Marseille zahlreiche Nebelflecken entdeckt worden, und ihre Zahl wird vermutlich mit den Dimensionen der Instrumente noch mehr zunehmen. [D. Herausg.]

[2] (S. 222.) Vor der Expedition von Alvaro Becerra. Die Portugiesen drangen 1471 bis südlich vom Aequator vor. Aber auch in Ostafrika wurde unter den Lagiden der Handelsweg durch den Indischen Ozean, begünstigt durch den Südwestmonsun (Hippalus), von Ocelis an der Straße Bab-el-Mandeb nach dem malabarischen Stapelplatze Muziris und Ceylon benutzt. Auf allen hier genannten Seefahrten waren die Magelhaensschen Wolken gesehen, aber nicht beschrieben worden.

[3] (S. 223.) Galilei, welcher den Unterschied der Entdeckungstage (29. Dezember 1609 und 7. Januar 1610) dem Kalenderunterschied zuzuschreiben sucht, behauptet deshalb, die Jupitersatelliten einen Tag früher als Marius gesehen zu haben; er geht in seinem Zorne gegen die „bugia del impostore *eretico Guntzenhusano*“ so weit zu erklären: „Che molto probabilmente il Eretico Simon Mario non ha osservato giammai i Pianeti Medicei.“ Sehr friedsam und bescheiden hatte sich doch der Eretico selbst über das Maß seines Verdienstes in der Entdeckung ausgedrückt. „Ich behaupte bloß,“ sagt Simon Marius in der Vorrede zum Mundus Jovialis: „haec sidera (Brandenburgica) a nullo mortalium mihi ulla ratione commonstrata, sed propria indagine sub ipsissimum fere tempus, vel aliquanto citius quo Galilaeus in Italia ea primum vidit, a me in Germania adinventa et observata fuisse. Merito igitur Galilaeo tribuitur et manet laus primae inventionis horum siderum apud Italos. An autem inter meos Germanos quispiam ante me ea invenerit et viderit, hactenus intelligere non potui.“

[4] (S. 224.) „Galilei notò che le Nebulose di Orione null' altro erano che mucchi e coacervazioni d'innumerabili Stelle.“ Nelli, Vita di Galilei Vol. I, p. 208.

[5] (S. 224.) „In primo integram Orionis Constellationem pingere decreveram; vero, ab ingenti stellarum copia, temporis vero inopia obrutus, aggressionem hanc in aliam occasionem distuli. — Cum non tantum in Galaxia lacteus ille candor veluti albicantis nubis spectetur, sed *complures consimilis coloris areolae sparsim per aethera subfulgeant*, si in illarum quamlibet Specillum convertas, Stellarum constipatarum coetum offendes. Amplius (quod magis mirabile) Stellae, ab Astronomis singulis in hanc usque diem *Nebulosae* appellatae, Stellarum mirum in modum consitarum greges sunt: ex quarum radiorum commixtione, dum unaquaque ob exilitatem, seu maximam a nobis remotionem, oculorum aciem fugit, candor ille consurgit, qui densior pars caeli, Stellarum aut Solis radios retorquere valens, hucusque creditus est.“ Opere di Galileo Galilei, Padova 1744, T. II, p. 14 bis 15.

[6] (S. 224.) Ich erinnere auch an die Vignette, welche die Einleitung von Hevelii Firmamentum Sobescianum 1687 beſchließt und auf der man drei Genien ſieht, von welchen zwei am Hevelſchen Sextanten beobachten. Dem dritten Genius, der ein Fernrohr zuträgt und es anzubieten ſcheint, antworten die Beobachtenden: Praestat nudo oculo!

[7] (S. 225.) „Dans les deux nébuleuses d'Andromède et d'Orion,“ ſagt Dominikus Caſſini, „j'ai vu des étoiles qu'on n'aperçoit pas avec des lunettes communes. Nous ne savons pas si l'on ne pourroit pas avoir des lunettes assez grandes pour que toute la nébulosité pût se résoudre en de plus petites étoiles, comme il arrive à celles du Cancer et du Sagittaire.“

[8] (S. 225.) Ueber Ideengemeinſchaft und Ideenverſchiedenheit von Lambert und Kant wie über die Zeiten ihrer Publikationen ſ. Struve, Études d'Astr. stellaire p. 11, 13 und 21; notes 7, 15 und 33. Kants „Allgemeine Naturgeſchichte und Theorie des Himmels“ erſchien anonym und dem großen König zugeeignet 1755; Lamberts „Photometria“, wie ſchon oben bemerkt worden iſt, 1760, ſeine „Sammlung kosmologiſcher Briefe über die Einrichtung des Weltbaues“ 1761.

[9] (S. 226.) „Those Nebulae,“ ſagt John Michell 1767, „in which we can discover either none, or only a few stars even with the assistance of the best telescopes, are probably systems, that are still more distant than the rest.“

[10] (S. 226.) Das ganze Verzeichnis enthält 103 Objekte.

[11] (S. 226.) „The nebular hypothesis, as it has been termed, and the theory of siderial aggregation stand in fact quite independent of each other.“ Sir John Herſchel, Outlines of astronomy §. 872, p. 599.

[12] (S. 226.) Die Zahlen, welche ich hier gebe, ſind die aufgezählter Objekte von Nr. 1 bis 2307 im europäiſchen, nörd-

lichen Katalog von 1833 und die von Nr. 2308 bis 4015 im afrikanischen, südlichen Katalog.

[13] (S. 227.) An account of the Earl of Rosse's great Telescope p. 14 bis 17; wo die Liste der im März 1845 von Dr. Robinson und Sir James South aufgelösten Nebel gegeben wird. „Dr. Robinson could not leave this part of his subject without calling attention to the fact, that no real nebula seemed to exist among so many of these objects chosen without any bias: all *appeared* to be clusters of stars, and every additional one which shall be resolved will be an additional argument against the existence of any such." — In der Notice sur les grands Télescopes de Lord Oxmantown, aujourd'hui Earl of Rosse (Bibliothèque universelle de Genève T. LVII. 1845. p. 342 bis 357) heißt es: „Sir James South rappelle que jamais il n'a vu de représentations sidérales aussi magnifiques que celles que lui offrait l'instrument de Parsonstown; qu'une bonne partie des nébuleuses se présentaient comme des amas ou groupes d'étoiles, tandis que quelques autres, à ses yeux du moins, n'offraient aucune apparence de résolution en étoiles."

[14] (S. 227.) „By far the major part," sagt Sir John Herschel, „probably at least nine tenths of the nebulous contents of the heavens consist of nebulae of spherical or elliptical forms, presenting every variety of elongation and central condensation. Of these *a great number* have been resolved into distant stare (by the Reflector of the Earl of Rosse), and a vast multitude more have been found to present that mottled appearance, which renders it almost a matter of certainty that an increase of optical power would show them to be similarly composed. A not unnatural or unfair induction would therefore seem to be, that those which resist such resolution, do so only in consequence of the smallness and closeness of the stars of which they consist: that, in short, they are only optically and not physically nebulous. — Although nebulae do exist which even in this powerful telescope (of Lord Rosse) appear as nebulae, without any sign of resolution, it may very reasonably be doubted wheter there be really any essential physical distinction between nebulae and clusters of stars."

[15] (S. 227.) Dr. Nichol, Professor der Astronomie zu Glasgow, hat diesen, aus Castle Parsonstown datierten Brief in seinen Thoughts of some important points relating to the System of the World, 1846, p. 55, bekannt gemacht: „In accordance with my promise of communicating to you the result of our examination of Orion, I think, I may safely say, that there can be little, if any doubt as to the resolvability of the Nebula. Since you left us, there was not a single

night when, in absence of the moon, the air was fine enough to admit of our using more than half the magnifying power the speculum bears: still we could plainly see that all about the trapezium is a mass of stars: the rest of the nebula also abounding with stars and exhibiting the characteristics of resolvability strongly marked."

[16] (S. 230.) Die Fundamente dieser Aufzählung erheischen hier eine Erläuterung. Die drei Kataloge von Herschel dem Vater enthalten 2500 Objekte, nämlich 2303 Nebel und 197 Sternhaufen. In der späteren, weit genaueren Musterung des Sohnes wurden diese Zahlen verändert. Ungefähr 1800 Objekte waren identisch mit denen der drei früheren Kataloge; drei bis vierhundert aber wurden vorläufig ausgeschlossen, und mehr als fünfhundert neu entdeckte in Rektaszension und Deklination bestimmt. Das nördliche Verzeichnis enthält 152 Sternhaufen, folglich 2307 — 152 = 2155 Nebelflecke; aber unter den Nummern des südlichen Kataloges sind von 4015 — 2307 = 1708 Objekten, unter denen sich 236 Sternhaufen finden, 233 abzuziehen (nämlich 89 + 135 + 9) als zum nördlichen Verzeichnis gehörig, beobachtet von Sir William und Sir John Herschel in Slough und von Messier in Paris. Es bleiben also für die Kapbeobachtungen übrig: 1708 — 233 = 1475 Nebel und Sternhaufen, oder 1239 Nebelflecke allein. Zu den 2307 Objekten des nördlichen Katalogus von Slough sind dagegen zuzurechnen 135 + 9 = 144. Es wird daher dieses nördliche Verzeichnis anwachsen zu 2451 Objekten, in denen, nach Abzug von 152 Clusters, 2299 Nebelflecke enthalten sind, welche Zahlen sich indes nicht auf eine strenge Abgrenzung nach der Polhöhe von Slough beziehen. Wenn in der Topographie des Firmaments beider Hemisphären numerische Verhältnisse angegeben werden müssen, so glaubt der Verfasser auch in solchen Zahlen, die allerdings ihrer Natur wegen nach Verschiedenheit der Zeitepochen und den Fortschritten in der Beobachtung veränderlich sind, nicht unsorgfältig sein zu dürfen. Der „Entwurf zu einem Kosmos" soll streben, den an eine bestimmte Epoche gebundenen Zustand des Wissens zu schildern.

[17] (S. 230.) „There are between 300 and 400 Nebulae of Sir William Herschel's Catalogue still unobserved by me, for the most part very faint objects . . . .": heißt es in den Kapbeobachtungen p. 134.

[18] (S. 231.) „In this *Region* of *Virgo*, occupying about one-eighth of the whole surface of the sphere, one-third of the entire nebulous contents of the heavens are congregated. Outlines p. 596.

[19] (S. 232.) Ich gründe mich in diesen numerischen Angaben auf Summierung derjenigen Zahlen, welche die Projektion des nördlichen Himmels darbietet.

[20] (S. 233.) In der langen Reihe von Seefahrten, welche

die Portugiesen unter dem Einfluß des Infanten Don Henrique längs der Westküste von Afrika unternahmen, um bis zum Aequator vorzudringen, war der Venezianer Cadamosto (eigentlich genannt Alvise de Ca da Mosto), als er sich mit Antoniotto Usodimare an der Mündung des Senegal 1454 vereinigt hatte, zuerst mit der Lage und Aufsuchung eines Südpolarsterns beschäftigt gewesen. „Da ich," sagt er, „noch den Nordpolarstern sehe (er befand sich ungefähr in 13° nördlicher Breite), so kann ich nicht den südlichen selbst sehen; aber die Konstellation, welche ich gegen Süden erblicke, ist der Carro del ostro (der Wagen des Südens)." Sollte er sich aus einigen großen Sternen des Schiffes einen Wagen gebildet haben? Die Idee, daß beide Pole jeder einen Wagen hätten, scheint damals so verbreitet gewesen zu sein, daß in dem Itinerarium Portugallense 1508, fol. 23 b und in Grynäus, Novus Orbis 1532, p. 58, eine ganz dem kleinen Bär ähnliche Konstellation, als von Cadamosto gesehen, abgebildet wurde, während Ramusio und die neue Collecção de Noticias para a hist. e geogr. das Nações Ultramarinas statt dessen ebenso willkürlich das südliche Kreuz abbilden. Weil man im Mittelalter, wahrscheinlich um die zwei Tänzer, χορευταί, des Hygin, d. i. die Ludentes des Scholiasten zum Germanicus oder Custodes des Vegetius, im kleinen Wagen zu ersetzen, die Sterne β und γ des kleinen Bären wegen ihres Kreisens um den nahen Nordpol zu Wächtern dieses Pols (le due Guardie, the Guards) bestellt hatte, und da diese Benennung, wie der Gebrauch der Wächter zu Bestimmung der Polhöhe bei den europäischen Piloten aller Nationen in den nördlichen Meeren weit verbreitet war, so führten Trugschlüsse der Analogie ebenfalls dahin, daß man am südlichen Horizont zu erkennen glaubte, was man lange vorher gesucht. Erst als Amerigo Vespucci auf seiner zweiten Reise (Mai 1499 bis September 1500) und Vicente Yañez Pinzon (beide Reisen sind vielleicht eine und dieselbe) in der südlichen Hemisphäre bis zum Kap San Augustin gelangten, beschäftigten sie sich fleißig, aber vergebens, mit dem Aufsuchen eines sichtbaren Sternes in der unmittelbaren Nähe des Südpols. Der Südpol lag damals in der Konstellation des Oktanten, so daß β der kleinen Wasserschlange, wenn man die Reduktion nach dem Katalogus von Brisbane macht, noch volle 80° 5′ südliche Deklination hatte. „Indem ich mit den Wundern des südlichen Himmels beschäftigt war und umsonst einen Südpolarstern suchte," sagt Vespucci in dem Briefe an Pietro Francesco de' Medici, „erinnerte ich mich der Worte (de un detto) unseres Dante, als er im ersten Kapitel des Purgatorio fingiert aus einer Hemisphäre in die andere überzugehen, den antarktischen Pol beschreiben will und singt: Io mi volsi a man destra .... Mein Glaube ist, daß in diesen Versen der Dichter durch seine vier Sterne (non viste mai fuor ch'alla prima gente) den Pol des anderen Firmamentes hat bezeichnen wollen. Ich bin um so

gewisser, daß dem so sei, als ich in der That vier Sterne sah, die zusammen eine mandorla bildeten und eine geringe (?) Bewegung haben." Vespucci meint das südliche Kreuz, la croce maravigliosa, des Andrea Corsali (Brief aus Cochin vom 6. Januar 1515 in Ramusio Vol. I. p. 177), dessen Namen er noch nicht kannte, das später allen Piloten (wie am Nordpole β und γ des kleinen Bären) zur Aufsuchung des Südpols und zu Breitenbestimmungen diente. Vergl. meine Untersuchung der berühmten Stelle des Dante in dem Examen crit. de l'hist. de la Géographie T. IV. p. 319 bis 334. Ebenda habe ich auch daran erinnert, daß α des südlichen Kreuzes, mit welchem in neuerer Zeit Dunlop (1826) und Rümker (1836) sich in Paramatta beschäftigt haben, zu den Sternen gehört, deren Vielfachheit am frühesten 1681 und 1687 von den Jesuiten Fontaney, Noël und Richaud erkannt worden ist. Ein so frühes Erkennen von binären Systemen, lange vor dem von ζ Ursae maj., ist um so merkwürdiger, als 70 Jahre darauf Lacaille α Crucis nicht als Doppelstern beschreibt; vielleicht weil (wie Rümker vermutet) damals der Hauptstern und der Begleiter in allzu kleiner Entfernung voneinander standen. Fast zugleich mit der Doppelheit von α Crucis wurde von Richaud auch die von α Centauri entdeckt, und zwar 19 Jahre vor Feuillées Reise, welchem Henderson diese Entdeckung irrig zuschrieb. Richaud bemerkt: „daß zur Zeit des Kometen von 1689 die beiden Sterne, welche den Doppelstern α Crucis bilden, beträchtlich voneinander abstanden; daß aber in einem zwölffüßigen Refraktor die beiden Teile von α Centauri zwar deutlichst zu erkennen waren, sich aber fast zu berühren schienen."

[21] (S. 233.) Doch ist es, wie wir schon oben bei den Sternhaufen bemerkt haben, Herrn Bond in den Vereinigten Staaten von Nordamerika durch die außerordentliche Kraft seines Refraktors geglückt, den sehr länglich gestreckten, elliptischen Nebel der Andromeda, welcher nach Bouillaud schon vor Simon Marius 985 und 1428 beschrieben wurde und einen rötlichen Schimmer hat, gänzlich aufzulösen. In der Nachbarschaft dieses berühmten Nebelfleckes befindet sich der noch unaufgelöste, aber in Gestaltung sehr ähnliche, welchen meine in hohem Alter dahingeschiedene, allgemein verehrte Freundin Miß Carolina Herschel am 27. August 1783 entdeckte.

[22] (S. 234.) Betrachtet man den planetarischen Nebelfleck im großen Bären als eine Sphäre von 2′ 40″ scheinbaren Durchmessers „und nimmt die Entfernung derselben gleich der bekannten von 61 Cygni, so erhält man einen wirklichen Durchmesser der Sphäre, der siebenmal größer wäre als die Bahn, welche Neptun beschreibt." Outlines § 876.

[23] (S. 235.) Ein orangenroter Stern 8^m ist in der Nähe von Nr. 3365; aber der planetarische Nebel bleibt auch dann tiefindigoblau, wenn der rote Stern nicht im Felde des Teleskopes ist. Die Färbung ist also nicht Folge des Kontrastes.

[24] (S. 235.) Der Begleiter und der Hauptstern sind blau oder bläulich in mehr als 63 Doppelsternen. Indigoblaue Sternchen sind eingemengt in den prachtvollen, vielfarbigen Sternhaufen Nr. 3435 des Kapkataloges (Dunlops Kat. Nr. 301.). Ein ganzer einförmig blauer Sternhaufen steht am südlichen Himmel (Nr. 573 von Dunlop, Nr. 3770 von John Herschel). Es hat derselbe 3½ Minuten im Durchmesser, mit Ausläufern von 8 Minuten Länge; die Sternchen sind 14. und 16. Größe.

[25] (S. 235.) Ueber die Verwickelung der dynamischen Verhältnisse bei den partiellen Attraktionen im Inneren eines kugelrunden Sternhaufens, welche für schwache Teleskope als ein runder, gegen das Centrum dichterer Nebelfleck erscheint, s. Sir John Herschel in Outl. of Astr. § 866 und 872, Kapreise § 44 und 111 bis 113, Philos. Transact. for 1833, p. 501, Address of the President in dem Report of the 15th meeting of the British Association 1845, p. XXXVII.

[26] (S. 236.) Andere Beispiele von Nebelsternen sind nur 8^m bis 9^m, wie Nr. 311 und 450 des Kataloges von 1833, Fig. 31, mit Photosphären von 1′ 30″.

[27] (S. 236.) Merkwürdige Formen der unregelmäßigen Nebel sind: die omega-artige; auch untersucht und beschrieben von Lamont und einem hoffnungsvollen, der Wissenschaft zu früh entrissenen nordamerikanischen Astronomen, Mr. Mason; ein Nebel mit sechs bis acht Kernen; die kometenartigen, büschelförmigen, in denen die Nebelstrahlen bisweilen wie von einem Stern 9^m ausgehen; ein Silhouettenprofil, büstenartig; eine Spaltöffnung, die einen fadenförmigen Nebel einschließt.

[28] (S. 237.) „A zone of nebulae," sagt Sir John Herschel, „encircling the heavens, has so many interruptions and is so faintly marked out through by far the greater part of the circumference, that its existence as such can be hardly more than suspected."

[29] (S. 237.) „Es ist wohl kein Zweifel," schreibt Dr. Galle, „daß in der Zeichnung, welche Sie mir mitteilen, auch der Gürtel des Orion und das Schwert mit enthalten sind, folglich auch der Stern ϑ; aber bei der augenfälligen Ungenauigkeit der Abbildung sind die drei kleinen Sterne am Schwerte, deren mittelster ϑ ist und die (für das unbewaffnete Auge) wie in gerader Linie stehen, schwer herauszufinden. Ich vermute, daß sie den Stern ι richtig bezeichnet haben, und daß der helle Stern rechts daneben oder der Stern unmittelbar darüber ϑ ist." Galilei sagt ausdrücklich: „In primo integram Orionis Constellationem pingere decreveram; verum, ab ingenti stellarum copia, temporis vero inopia obrutus, aggressionem hanc in aliam occasionem distuli." Die Beschäftigung Galileis mit der Konstellation des Orion ist um so merkwürdiger, als 400 Sterne, die er zwischen dem Gürtel und dem Schwerte auf zehn Quadratgraden zu zählen glaubte, spät noch

Lambert zu der unrichtigen Schätzung von 1 650 000 Sternen am ganzen Firmament verleiteten.

[30] (S. 238.) „Ex his autem tres illae pene inter se contiguae stellae, cumque his aliae quatuor, velut trans nebulam lucebant: ita ut spatium circa ipsas, qua forma hic conspicitur, multo illustrius appareret reliquo omni caelo: quod cum apprime serenum esset ac cerneretur nigerrimum, velut hiatu quodam interruptum videbatur, per quem in plagam magis lucidam esset prospectus. Idem vero in hanc usque diem immutata facie saepius atque eodem loco conspexi; adeo ut perpetum illic sedem habere credibile sit hoc quidquid est portenti: cui certe simile aliud nusquam apud reliquas fixas potui animadvertere. Nam caeterae nebulosae olim existimatae, atque ipsa via lactea, perspicillo inspectae, nullas nebulas habere comperiuntur, neque aliud esse quam plurium stellarum congeries et frequentia." Christiani Hugenii Opera varia Lugd. Bat. 1724. p. 540 bis 541. Die Vergrößerung, welche Huygens in seinem 23füßigen Refraktor anwandte, schätzte er selbst nur hundertfach (p. 538). Sind die quatuor stellae trans nebulam lucentes die Sterne des Trapez? Die kleine, sehr rohe Zeichnung stellt nur eine Gruppe von drei Sternen dar, allerdings neben einem Einschnitte, welchen man für den Sinus magnus halten möchte. Vielleicht sind nur die drei Sterne im Trapez, welche 4. bis 7. Größe sind, verzeichnet. Auch rühmt Dominikus Cassini, daß der vierte Stern erst von ihm gesehen worden sei.

[31] (S. 239.) Die letztere Abbildung gibt die Nomenklatur der einzelnen Regionen des von so vielen Astronomen durchforschten Orionsnebels.

[32] (S. 239.) Cassini rechnete die Erscheinung dieses vierten Sternes („aggiunta della quarta stella alle tre contigue") zu den Veränderungen, welche der Orionsnebel in seiner Zeit erlitten habe.

[33] (S. 239.) „It is remarkable that within the area of the trapezium no nebula exists. The brighter portion of the nebula immediately adjacent to the trapezium, forming the square front of the head, is shown with the 18-inch reflector broken up into masses, whose mottled and curdling light evidently indicates by a sort of granular texture its consisting of stars; and when examined under the great light of Lord Rosses reflector or the exquisite defining power of the great achromatic at Cambridge, U. S., is evidently perceived to consist of clustering stars. There can therefore be little doubt as to the whole consisting of stars, too minute to be discerned individually even with the powerful aids, but which become visible as points of light when closely adjacent in the more crowded parts." (Outlines p. 609.) William C. Bond, der einen 23füßigen, mit einem 14zölligen Objektiv versehenen Refraktor anwandte, sagt: „There is a great diminution of light in the

interior of the Trapezium, but no suspicion of a star" (Mem. of the Amer. Acad., new Series, Vol. III, p. 93.)

[34] (S. 240.) „Such is the general blaze from that part of the sky," sagt der Kapitän Jacob (Bombay Engineers) zu Punah, „that a person is immediately made aware of its having risen above the horizon, though he should not be at the time looking at the heavens, by the increase of general illumination of the atmosphere, resembling the effect of the young moon."

[35] (S. 240.) Nebel im Schwan, teilweise RA. 20h 49′, N.P.D. 58° 27′.

[36] (S. 241.) „Lord Rosse describes and figures this Nebula as resolved into numerous stars *with intermixed nebulae*," sagt Sir John Herschel.

[37] (S. 241.) In den Outlines § 882 heißt es: „The whole, if not clearly resolved into stars, has a *resolvable* character, which evidently endicates its composition."

[38] (S. 242.) Es ist eine schädliche Verwirrung der Terminologie, wie Horner und Littrow, auch die Kohlensäcke Magelhaensche Flecken oder Kapwolken zu nennen.

[39] (S. 243.) Der Name Abdurrahman Sufi ist von Ulugh Beg abgekürzt aus: Abdurrahman Ebn-Omar Ebn-Mohammed Ebn-Sahl Abu'l-Hassan el-Sufi el-Razi. Ulugh Beg, der, wie Naßireddin, die Ptolemäischen Sternpositionen durch eigene Beobachtungen (1437) verbesserte, gesteht, aus der Arbeit des Abdurrahman Sufi 27 Positionen südlicher, in Samarkand nicht sichtbarer Sterne entlehnt zu haben.

[40] (S. 244.) Die Entdeckung des Vorgebirges der guten Hoffnung, welches Martin Behaim Terra Fragosa, nicht Cabo tormentoso nennt, geschah, sonderbar genug, als Diaz von Osten kam, aus der Bai von Algoa (südl. Br. 33° 47′, über 7° 18′ östlich von der Tafelbai).

[41] (S. 244.) Die wichtige, nicht genug beachtete Entdeckung der Südspitze des neuen Kontinentes unter 55° südl. Br. (Urdanetas Tagebuch bezeichnet die Entdeckung sehr charakteristisch durch die Worte: acabamiento de tierra, das Aufhören des Landes) gehört dem Francisco de Hoces, welcher eines der Schiffe der Expedition von Loaysa 1525 befehligte. Er sah wahrscheinlich einen Teil des Feuerlandes westlich von der Staateninsel; denn das Kap Horn liegt nach Fitz-Roy 55° 58′ 41″.

[42] (S. 245.) Ich kann aus den numerischen Angaben Dec. II, lib. 10. p. 204 und Dec. III, lib. 10, p. 232 erweisen, daß der Teil der Oceanica, in welchem der Magelhaenschen Wolken gedacht wird, zwischen 1514 und 1516, also unmittelbar nach der Expedition von Juan Diaz de Solis nach dem Rio de la Plata (damals Rio de Solis, una mar dulce), geschrieben ist. Die Breitenangabe ist sehr übertrieben.

[43] (S. 246.) So irrig waren die Anſichten der erſten Beobachter, daß der von Dominikus Caſſini ſehr geſchätzte Jeſuit Fontaney, welchem man viele wertvolle aſtronomiſche Beobachtungen aus Indien und China verdankt, noch 1685 ſchreibt: „Le grand et le petit Nuages sont deux choses singulières. Ils ne paroissent aucunement un amas d'étoiles comme *Praesepe Cancri*, ni même une lueur sombre, comme la Nébuleuse d'Andromède. On n'y voit presque rien avec de très grandes lunettes, quoique sans ce secours on les voye fort blanes, particulièrement le grand Nuage.“ Ich bin im Texte bei der Beſchreibung der Magelhaensſchen Wolken allein der Arbeit von Sir John Herſchel gefolgt.

[44] (S. 249.) „Cette apparence d'un noir foncé dans la partie orientale de la Croix du sud, qui frappe la vue de tous ceux qui regardent le ciel austral, est causée par la vivacité de la blancheur de la voie lactée, qui renferme l'espace noir et l'entoure de tous côtés.“ La Caille in den Mémoires de l'Academie des Sciences, Année 1755 (Par. 1761), p. 199.

[45] (S. 249.) „When we see,“ ſagt Sir John Herſchel, „in the Coal-sack (near *a Crucis*) a sharply defined oval space free from stars, it would seem much less probable that a conical or *tubular* hollow traverses the whole of a starry stratum, continuously extended from the eye outwards, than that a *distant* mass of comparatively moderate thickness should be simply perforated from side to side .....“

β. Sonnengebiet.

Planeten und ihre Monde, Kometen, Ring des Tierkreislichtes und Schwärme der Meteoraſteroiden.

Wenn wir in dem uranologiſchen Teile der phyſiſchen Weltbeſchreibung von dem Fixſternhimmel zu unſerem Sonnen- und Planetenſyſtem herabſteigen, ſo gehen wir von dem Großen und Univerſellen zu dem relativ Kleinen und Beſonderen über. Das Gebiet der Sonne iſt das Gebiet eines einzelnen Fixſternes unter den Millionen derer, welche uns das Fernrohr an dem Firmamente offenbart; es iſt der beſchränkte Raum, in welchem ſehr verſchiedenartige Weltkörper, der unmittelbaren Anziehung eines Centralkörpers gehorchend, in engeren oder weiteren Bahnen um dieſen kreiſen, ſei es einzeln oder wiederum von anderen ihnen ähnlichen umgeben. Unter den Sternen, deren Anordnung wir in dem ſideriſchen Teile der Uranologie zu behandeln verſucht haben, zeigt allerdings auch eine Klaſſe jener Millionen teleſkopiſcher Fixſterne, die Klaſſe der Doppelſterne, partikuläre, binäre oder vielfältiger zuſammengeſetzte Syſteme; aber trotz der Analogie ihrer treibenden Kräfte ſind ſie doch, ihrer Naturbeſchaffenheit nach, von unſerem Sonnenſyſteme verſchieden. In ihnen bewegen ſich ſelbſtleuchtende Fixſterne um einen gemeinſchaftlichen Schwerpunkt, der mit ſichtbarer Materie nicht erfüllt iſt; in dem Sonnenſyſteme kreiſen dunkle Weltkörper um einen ſelbſtleuchtenden Körper oder, um beſtimmter zu reden, um einen gemeinſamen Schwerpunkt, welcher zu verſchiedenen Zeiten innerhalb des Centralkörpers oder außerhalb desſelben liegt. „Die große Ellipſe, welche die Erde um die Sonne beſchreibt, ſpiegelt ſich ab in einer kleinen, ganz ähnlichen, in welcher der Mittelpunkt der Sonne um den gemeinſchaftlichen Schwer-

rundt der Erde und Sonne herumgeht." Ob die planetarischen Körper, zu denen die inneren wie die äußeren Kometen gerechnet werden müssen, außer dem Lichte, welches ihnen der Centralkörper gibt, nicht auch vielleicht etwas eigenes Licht zu erzeugen fähig sind, bedarf hier, bei so allgemeinen Andeutungen, noch keiner besonderen Erwähnung.

Von den Grenzen unserer planetarischen Räume, welche uns andere Fixsterne bieten, haben wir bisher keine sichersten Beweise. Die Schwäche des reflektierten Lichtes würde solche Planeten, die schon (lange vor Lambert) Kepler um jeden Fixstern vermutete, hindern, uns je sichtbar zu werden. Wenn die mittlere Jupiters-Distanz 1151000 Erdweiten oder 7523 Neptunsweiten, ein sich sehr weit entfernender Komet, der von 1680, welchem man (freilich noch ich anderen Fundamenten) einen Umlauf von 8800 Jahren zuschreibt, im Jahre 2254 Neptunsweiten von unserem Sonnenkörper abstehet, so ist die Entfernung des Fixsternes α Centauri noch 27mal größer als unser Sonnenhalbmesser bis zum Orte jenes fernsten Kometen. Die Höhe des reflektierten Lichtes des Neptun ist 30 Erdweiten. Wollten in Hinsicht zu berücksichtigenden mächtigeren Lichtstrom auch den jedesmal hinterstehenden schwächeren Centralkörper schauen, etwa in der Ferne von 100 Erdweiten, so ist dies noch nicht der 8. Teil der Entfernung bis zum Orte des genannten Kometen, noch nicht der 2200. Teil der Entfernung, in welcher uns der reflektierte Lichtstrom eines α Centauri-Planeten Trabanten teleskopisch empfänglich stehen. Ist aber überhaupt die Annahme von Fixsternsystemen so unbedingt notwendig? Wenn wir einen Blick werfen auf die [illegible] Centralkörpern [illegible] unserer Planeten-Systeme, so finden wir trotz der Verschiedenheit, welche die von ihnen Trabanten umkreisenden Planeten darbieten können, auch andere Planeten, Merkur, Venus, Mars, die gar keinen Trabanten haben. Wollen wir nun von dem Bild Möglicher uns beschränken auf das wirklich Existierende, so werden wir [illegible] von der Idee [illegible] Sonnensystem, besonders in der großen Zusammensetzung, welche die letzten Jahrzehnte uns enthüllt haben, das reichste Bild gewährt von der Lust zu ordnender [illegible] Einheitsidee wider Weltchaos zu einem einzigen.

Der beschränktere Raum des Planetensystemes gewährt gerade wegen dieser Beschränktheit für Sicherheit und Evidenz der Resultate in der messenden und rechnenden Astro-

nomie unbestreitbare Vorzüge vor den Ergebnissen aus der Betrachtung des Fixsternhimmels. Vieles von diesen gehört nur der beschauenden Astronomie in dem Gebiete der Sternschwärme und Nebelgruppen, wie in der auf so unsicheren Fundamenten beruhenden photometrischen Reihung der Gestirne an. Der sicherste und glänzendste Teil der Astrognosie ist die in unserer Zeit so überaus vervollkommnete und vermehrte Bestimmung der Positionen in AR. und Dekl., sei es von einzelnen Fixsternen oder von Doppelsternen, Sternhaufen und Nebelflecken. Auch bieten schwierige, aber in höherem oder niederem Grade genau meßbare Verhältnisse dar: die eigene Bewegung der Sterne, die Elemente, nach denen ihre Parallaxe ergründet wird, die teleskopischen Sterneichungen, welche auf die räumliche Verteilung der Weltkörper leiten, die Perioden von veränderlichen Sternen und der langsame Umlauf der Doppelsterne. Was seiner Natur nach sich der eigentlichen Messung entzieht, wie die relative Lage und Gestaltung von Sternschichten oder Ringen von Sternen, die Anordnung des Weltbaues, die Wirkungen gewaltsam umändernder Naturgewalten im Auflodern oder Verlöschen sogenannter neuer Sterne, regt um so tiefer und lebendiger an, als es das anmutige Nebelland der Phantasie berührt.

Wir enthalten uns vorsätzlich in den nächstfolgenden Blättern aller Betrachtungen über die Verbindung unseres Sternensystemes mit den Systemen der anderen Fixsterne; wir kommen nicht wieder zurück auf die Fragen von der Unterordnung und Gliederung der Systeme, die, man möchte sagen, aus intellektuellen Bedürfnissen sich uns aufdrängen; auf die Frage, ob unser Centralkörper, die Sonne, nicht selbst in planetarischer Abhängigkeit zu einem höheren Systeme stehe, vielleicht gar nicht einmal als Hauptplanet, sondern nur der Trabant eines Planeten, wie unsere Jupitersmonde. Beschränkt auf den mehr heimischen Boden, auf das Sonnengebiet, haben wir uns des Vorzuges zu erfreuen, daß, mit Ausnahme dessen, was sich auf die Deutung des Oberflächenansehens oder gasförmiger Umhüllungen der kreisenden Weltkörper, den einfachen oder geteilten Schweif der Kometen, auf den Ring des Zodiakallichtes oder das rätselhafte Erscheinen der Meteorasteroiden bezieht, fast alle Resultate der Beobachtung einer Zurückführung auf Zahlenverhältnisse fähig sind, alle sich als Folgerung aus streng zu prüfenden Voraussetzungen

darbieten. Nicht die Prüfung dieser Voraussetzungen selbst gehört in den Entwurf einer physischen Weltbeschreibung, sondern die methodische Zusammenstellung numerischer Resultate. Sie sind das wichtige Erbteil, welches, immerdar wachsend, ein Jahrhundert dem anderen überträgt. Eine Tabelle, die Zahlenelemente der Planeten (mittlere Entfernung von der Sonne, siderische Umlaufszeit, Exzentrizität der Bahn, Neigung gegen die Ekliptik, Durchmesser, Masse und Dichtigkeit) umfassend, bietet jetzt in einem überkleinen Raume den Stand der geistigen Errungenschaften des Zeitalters dar. Man versetze sich einen Augenblick in das Altertum zurück, man denke sich Philolaus den Pythagoreer, Lehrer des Plato, den Aristarch von Samos oder Hipparchus im Besitze eines solchen mit Zahlen gefüllten Blattes oder einer graphischen Darstellung der Planetenbahnen, wie sie unsere abgekürztesten Lehrbücher darstellen, so läßt sich das bewundernde Erstaunen dieser Männer, Heroen des früheren beschränkten Wissens, nur mit dem vergleichen, welches sich des Eratosthenes, des Strabo, des Claudius Ptolemäus bemächtigen würde, wenn diesen eine unserer Weltkarten (Mercators Projektion) von wenigen Zollen Höhe und Breite vorgelegt werden könnte.

Die Wiederkehr der Kometen in geschlossenen elliptischen Bahnen bezeichnet als Folge der Anziehungskraft des Centralkörpers die Grenze des Sonnengebietes. Da man aber ungewiß bleibt, ob nicht einst noch Kometen erscheinen werden, deren große Achse länger gefunden wird, als die der schon erschienenen und berechneten Kometen, so geben diese in ihrem Aphel nur die Grenze, bis zu welcher das Sonnengebiet zum wenigsten reicht. Das Sonnengebiet wird demnach charakterisiert durch die sichtbaren und meßbaren Folgen eigener einwirkender Centralkräfte, durch die Weltkörper (Planeten und Kometen), welche in geschlossenen Bahnen um die Sonne kreisen und durch enge Bande an sie gefesselt bleiben. Die Anziehung, welche die Sonne jenseits dieser wiederkehrenden Weltkörper auf andere Sonnen (Fixsterne) in weiteren Räumen ausübt, gehört nicht in die Betrachtungen, die uns hier beschäftigen.

Das Sonnengebiet umfaßt nach dem Zustand unserer Kenntnisse am Schluß des halben neunzehnten Jahrhunderts, und wenn man die Planeten nach Abständen von dem Centralkörper ordnet:

22 **Hauptplaneten** (**Merkur, Venus, Erde, Mars,** Flora, Victoria, Vesta, Iris, Metis, Hebe, Parthenope, Irene, Asträa, Egeria, Juno, Ceres, Pallas, Hygea, **Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun**);

21 **Trabanten** (einen der Erde, 4 des Jupiter, 8 des Saturn, 6 des Uranus, 2 des Neptun);

197 **Kometen,** deren Bahn berechnet ist, darunter 6 innere, d. h. solche, deren Aphel von der äußersten Planetenbahn, der des Neptun, umschlossen ist; sodann mit vieler Wahrscheinlichkeit;

den **Ring des Tierkreislichtes,** vielleicht zwischen der Venus- und Marsbahn liegend; und nach der Meinung vieler Beobachter:

die **Schwärme der Meteorasteroiden,** welche die Erdbahn vorzugsweise in gewissen Punkten schneiden.

Bei der Aufzählung der 22 Hauptplaneten, von welchen nur 6 bis zum 13. März 1781 bekannt waren, sind die 14 kleinen Planeten (bisweilen auch Koplaneten und Asteroiden genannt und in untereinander verschlungenen Bahnen zwischen Mars und Jupiter liegend) durch weiteren Druck von den 8 größeren Planeten unterschieden worden.

In der neueren Geschichte planetarischer Entdeckungen sind Hauptepochen gewesen: das Auffinden des Uranus, als des ersten Planeten jenseits der Saturnsbahn, von William Herschel zu Bath am 13. März 1781 erkannt durch Scheibenform und Bewegung, das Auffinden der Ceres, des ersten der kleinen Planeten, am 1. Januar 1801 durch Piazza zu Palermo, die Erkennung des ersten inneren Kometen durch Encke zu Gotha im August 1819, und die Verkündigung der Existenz des Neptun vermittelst planetarischer Störungsberechnungen durch le Verrier zu Paris im August 1846, wie die Entdeckung des Neptun durch Galle zu Berlin am 23. September 1846. Jede dieser wichtigen Entdeckungen hat nicht bloß die unmittelbare Erweiterung und Bereicherung unseres Sonnensystemes zur Folge gehabt, sie hat auch zu zahlreichen ähnlichen Entdeckungen veranlaßt, zur Kenntnis von 5 anderen inneren Kometen (durch Biela, Faye, de Vico, Brorsen und d'Arrest zwischen 1826 und 1851), wie von 13 kleinen Planeten, unter denen von 1801 bis 1807 drei (Pallas, Juno und Vesta) und, nach einer Unterbrechung von vollen 38 Jahren, seit Henckes glücklicher und auch beabsichtigter Entdeckung der

Asträa am 8. Dezember 1845, in schneller Folge durch Hencke, Hind, Graham und de Gasparis von 1845 bis Mitte 1851 neun aufgefunden worden sind. Die Aufmerksamkeit auf die Kometenwelt ist so gestiegen, daß in den letzten 11 Jahren die Bahnen von 33 neuentdeckten Kometen berechnet wurden, also nahe ebensoviel als in den 40 vorhergehenden Jahren dieses Jahrhunderts.

I.

Die Sonne, als Centralkörper.

Die Weltleuchte (lucerna Mundi), welche in der Mitte thront, wie Kopernikus die Sonne nennt, ist das allbelebende pulsierende Herz des Universums nach Theon dem Smyrnäer;[2] sie ist der Urquell des Lichtes und der strahlenden Wärme, der Erreger vieler irdischen elektromagnetischen Prozesse, ja des größeren Teiles der organischen Lebensthätigkeit, besonders der vegetabilischen, auf unserem Planeten. Die Sonne bringt, wenn man ihre Kraftäußerungen in der größten Verallgemeinerung bezeichnen will, Veränderungen auf der Oberfläche der Erde hervor, teils durch Massenattraktion, wie in der Ebbe und Flut des Ozeans, wenn man von der ganzen Wirkung den Teil abzieht, welcher der Lunaranziehung gehört, teils durch licht- und wärmeerregende Wallungen (Transversalschwingungen) des Aethers, wie in der befruchtenden Vermischung der Luft- und Wasserhüllen des Planeten (bei dem Kontakt der Atmosphäre mit dem verdunstenden flüssigen Elemente im Meere, in Landseen und Flüssen). Sie wirkt in den durch Wärmeunterschiede erregten atmosphärischen und ozeanischen Strömungen, deren letztere seit Jahrtausenden fortfahren (doch in schwächerem Grade) Geröllschichten aufzuhäufen oder entblößend mit sich fortzureißen und so die Oberfläche des angeschwemmten Landes umzuwandeln; sie wirkt in der Erzeugung und Unterhaltung der elektromagnetischen Thätigkeit der Erdrinde und der des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre, bald still und sanft chemische Ziehkräfte erzeugend und das organische Leben mannigfach in der Endosmose der Zellenwandung, in dem Gewebe der Muskel- und Nervenfaser bestimmend, bald Lichtprozesse im Luftkreise (farbig flammendes Polarlicht, Donnerwetter, Orkane und Meersäulen) hervorrufend.

Haben wir hier versucht, die solaren Einflüsse, insofern sie sich nicht auf die Achsenstellung und Bahn unseres Weltkörpers beziehen, in ein Gemälde zusammenzudrängen, so ist es, um durch Darstellung des Zusammenhanges großer und auf den ersten Blick heterogen scheinender Phänomene recht überzeugend zur Anschauung zu bringen, wie die physische Natur in dem Buche vom Kosmos als ein durch innere, oft sich ausgleichende Kräfte bewegtes und belebtes Ganzes zu schildern sei. Aber die Lichtwellen wirken nicht bloß zersetzend und wieder bindend auf die Körperwelt, sie rufen nicht bloß hervor aus der Erde die zarten Keime der Pflanzen, erzeugen den Grünstoff (Chlorophyll) in den Blättern und färben duftende Blüten, sie wiederholen nicht bloß tausend- und aber tausendfach reflektierte Bilder der Sonne im anmutigen Spiel der Welle wie im bewegten Grashalm der Wiese, das Himmelslicht in den verschiedenen Abstufungen seiner Intensität und Dauer steht auch in geheimnisvollem Verkehr mit dem Inneren des Menschen, mit seiner geistigen Erregbarkeit, mit der trüben oder heiteren Stimmung des Gemütes. Caeli tristitiam discutit Sol et humani nubila animi serenat (Plin., Hist. Nat. II, 6).

Bei jedem der zu beschreibenden Weltkörper lasse ich die numerischen Angaben dem vorangehen, was hier, mit Ausnahme der Erde, von ihrer physischen Beschaffenheit wird beizubringen sein. Die Anordnung der Resultate in Zahlen ist ungefähr dieselbe wie in der vortrefflichen „Uebersicht des Sonnensystems" von Hansen, doch mit numerischen Veränderungen und Zusätzen, da seit dem Jahre 1837, in dem Hansen schrieb, elf Planeten und drei Trabanten entdeckt worden sind.

Die mittlere Entfernung des Centrums der Sonne von der Erde ist nach Enckes nachträglicher Korrektion der Sonnenparallaxe (Abhandl. der Berl. Akad. 1835, S. 309) 20682000 geogr. Meilen, deren 15 auf einen Grad des Erdäquators gehen und deren jede nach Bessels Untersuchung von zehn Gradmessungen (Kosmos Bd. I, S. 291) genau 3807,23 Toisen oder 22843,38 Pariser Fuß zählt.

Das Licht braucht, um von der Sonne auf die Erde zu gelangen, d. i. um den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen, nach den Aberrationsbeobachtungen von Struve 8′ 17,78″ (Kosmos Bd. III, S. 64 und 89, Anm. 28), weshalb der wahre Ort der Sonne dem scheinbaren um 20,145″ voraus ist.

Der scheinbare Durchmesser der Sonne in der mittleren Entfernung derselben von der Erde ist 32′ 1,8″, also nur 54,8″ größer als die Mondscheibe in mittlerer Entfernung von uns. Im Perihel, wenn wir im Winter der Sonne am nächsten sind, hat sich der scheinbare Sonnendurchmesser vergrößert bis 32′ 34,6″; im Aphel, wenn wir im Sommer von der Sonne am fernsten sind, ist der scheinbare Sonnendurchmesser verkleinert bis 31′ 30,1″.

Der wahre Durchmesser der Sonne ist 192700 geographische Meilen (1385300 km), oder mehr denn 112mal ^{3} größer als der Durchmesser der Erde.

Die Sonnenmasse ist nach Enckes Berechnung der Pendelformel von Sabine das 359551fache der Erdmasse oder das 355499fache von Erde und Mond zusammen (Vierte Abh. über den Kometen von Pons in den Schriften der Berl. Akad. 1842, S. 5); demnach ist die Dichtigkeit der Sonne nur ungefähr $^1/_4$ (genauer 0,252) der Dichtigkeit der Erde.

Die Sonne hat an 600mal mehr Volum und nach Galle 738mal mehr Masse als alle Planeten zusammengenommen. Um gewissermaßen ein sinnliches Bild von der Größe des Sonnenkörpers zu entwerfen, hat man daran erinnert, daß, wenn man sich die Sonnenkugel ganz ausgehöhlt und die Erde im Centrum denkt, noch Raum für die Mondbahn sein würde, wenn auch die halbe Achse der Mondbahn um mehr als 4000 geographische Meilen (29681⁷ km) verlängert würde.

Die Sonne dreht sich in $25^1/_2$ Tagen um ihre Achse. Der Aequator ist um $7^1/_4{}^\circ$ gegen die Ekliptik geneigt. Nach Laugiers sehr sorgfältigen Beobachtungen (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences T. XV, 1842, p. 941) ist die Rotationszeit 25,34 Tage (oder $25^T\ 8^h\ 9'$) und die Neigung des Aequators $7^\circ\ 9'$.

Die Vermutungen, zu denen die neuere Astronomie allmählich über die physische Beschaffenheit der Oberfläche der Sonne gelangt ist, gründen sich auf lange und sorgfältige Beobachtung der Veränderungen, welche in der selbstleuchtenden Scheibe vorgehen. Die Reihenfolge und der Zusammenhang dieser Veränderungen (der Entstehung der Sonnenflecken, des Verhältnisses der Kernflecke von tiefer Schwärze zu den sie umgebenden aschgrauen Höfen oder Penumbren) hat auf die Annahme geleitet, daß der Sonnenkörper selbst fast ganz dunkel, aber in einer großen Entfernung von einer Lichthülle

umgeben sei, daß in der Lichthülle durch Strömungen von unten nach oben trichterförmige Oeffnungen entstehen, und daß der schwarze Kern der Flecken ein Teil des dunklen Sonnenkörpers selbst sei, welcher durch jene Oeffnung sichtbar werde. Um diese Erklärung, die wir hier nur vorläufig in größter Allgemeinheit geben, für das Einzelne der Erscheinungen auf der Sonnenoberfläche befriedigender zu machen, werden in dem gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft drei Umhüllungen der dunklen Sonnenkugel angenommen, zunächst eine innere, wolkenartige Dunsthülle, darüber die Lichthülle (Photosphäre), und über dieser (wie besonders die totale Sonnenfinsternis vom 8. Juli 1842 erwiesen zu haben scheint) eine äußere Wolkenhülle, dunkel oder doch nur wenig erleuchtet.[4]

Wie glückliche Ahnungen und Spiele der Phantasie (das griechische Altertum ist voll von solchen spät erfüllten Träumen), lange vor aller wirklichen Beobachtung, bisweilen den Keim richtiger Ansichten enthalten, so finden wir schon in der Mitte des 15. Jahrhunderts in den Schriften des Kardinals Nikolaus von Cusa, im 2. Buche De docta ignorantia, deutlich die Meinung ausgedrückt, daß der Sonnenkörper für sich nur „ein erdhafter Kern" sei, der von einem Lichtkreise wie von einer feinen Hülle umgeben werde; daß in der Mitte (zwischen dem dunklen Kern und der Lichthülle?) sich ein Gemisch von wasserhaltigen Wolken und klarer Luft, gleich unserem Dunstkreise befinde; daß das Vermögen, ein die Vegetation auf der Erde belebendes Licht auszustrahlen, nicht dem erdigen Kern des Sonnenkörpers, sondern der Lichthülle, welche mit demselben verbunden ist, zugehöre. Diese, in der Geschichte der Astronomie bisher so wenig beachtete Ansicht der physischen Beschaffenheit des Sonnenkörpers hat viel Aehnlichkeit mit den jetzt herrschenden Meinungen.

Die Sonnenflecken selbst, wie ich früher in den Geschichtsepochen der physischen Weltanschauung entwickelt habe, sind nicht von Galilei, Scheiner oder Harriot, sondern von Johann Fabricius, dem Ostfriesen, zuerst gesehen und in gedruckten Schriften beschrieben worden. Sowohl der Entdecker als auch Galilei, wie dessen Brief an den Principe Cesi (vom 25. Mai 1612) beweist, wußten, daß die Flecken dem Sonnenkörper selbst angehören; aber 10 und 20 Jahre später behaupteten fast zugleich ein Kanonikus von Sarlat, Jean Tarde, und ein belgischer Jesuit, daß die Sonnenflecken Durchgänge kleiner Planeten wären. Der eine nannte sie

Sidera Borbonia, der andere Sidera Austriaca.[6] Scheiner bediente sich zuerst bei Sonnenbeobachtungen der schon 70 Jahre früher von Apian (Bienewitz) im Astronomicum Caesareum vorgeschlagenen, auch von belgischen Piloten längst gebrauchten blauen und grünen Blendgläser, deren Nichtgebrauch viel zu Galileis Erblindung beigetragen hat.

Die bestimmteste Aeußerung über die Notwendigkeit der Annahme einer dunklen Sonnenkugel, welche von einer Lichthülle (Photosphäre) umgeben sei, finde ich, durch wirkliche Beobachtung, nach Entdeckung der Sonnenflecken hervorgerufen, zuerst bei dem großen Dominikus Cassini[7] etwa um das Jahr 1671. Nach ihm ist die Sonnenscheibe, die wir sehen, ein „Lichtozean, welcher den festen und dunklen Kern der Sonne umgibt; gewaltsame Bewegungen (Aufwallungen), die in der Lichthülle vorgehen, lassen uns von Zeit zu Zeit die Berggipfel jenes lichtlosen Sonnenkörpers sehen. Das sind die schwarzen Kerne im Centrum der Sonnenflecken". Die aschfarbenen Höfe (Penumbren), von welchen die Kerne umgeben sind, blieben damals noch unerklärt.

Eine sinnreiche und seitdem vielfach bestätigte Beobachtung, welche Alexander Wilson, der Astronom von Glasgow, an einem großen Sonnenflecken den 22. November 1769 machte, leitete ihn auf die Erklärung der Höfe. Wilson entdeckte, daß, so wie ein Flecken sich gegen den Sonnenrand hinbewegt, die Penumbra nach der gegen das Centrum der Sonne gekehrten Seite im Vergleich mit der entgegengesetzten Seite allmählich schmäler und schmäler wird. Der Beobachter schloß sehr richtig[8] aus diesen Dimensionsverhältnissen im Jahre 1774, daß der Kern des Fleckens (der durch die trichterförmige Exkavation in der Lichthülle sichtbar werdende Teil des dunklen Sonnenkörpers) tiefer liege als die Penumbra, und daß diese von den abhängigen Seitenwänden des Trichters gebildet werde. Diese Erklärungsweise beantwortete aber noch nicht die Frage, warum die Höfe am lichtesten nahe bei dem Kernflecken sind?

In seinen „Gedanken über die Natur der Sonne und die Entstehung ihrer Flecken" entwickelte, ohne Wilsons frühere Abhandlung zu kennen, unser Berliner Astronom Bode mit der ihm eigentümlichen populären Klarheit ganz ähnliche Ideen. Er hat dazu das Verdienst gehabt, die Erklärung der Penumbra dadurch zu erleichtern, daß er, fast wie in den Ahnungen des Kardinals Nikolaus von Cusa, zwischen der Photosphäre und dem dunklen Sonnenkörper noch eine wolkige Dunstschicht

annahm. Diese Hypothese von zwei Schichten führt zu folgenden Schlüssen: Entsteht in weniger häufigen Fällen in der Photosphäre allein eine Oeffnung und nicht zugleich in der trüben unteren, von der Photosphäre sparsam erleuchteten Dunstschicht, so reflektiert diese ein sehr gemäßigtes Licht gegen den Erdbewohner, und es entsteht eine graue Penumbra, ein bloßer Hof ohne Kern. Erstreckt sich aber, bei stürmischen meteorologischen Prozessen an der Oberfläche des Sonnenkörpers, die Oeffnung durch beide Schichten (durch die Licht- und die Wolkenhülle) zugleich, so erscheint in der aschfarbigen Penumbra ein Kernflecken, „welcher mehr oder weniger Schwärze zeigt, je nachdem die Oeffnung in der Oberfläche des Sonnenkörpers sandiges oder felsiges Erdreich oder Meere trifft". Der Hof, welcher den Kern umgibt, ist wieder ein Teil der äußeren Oberfläche der Dunstschicht, und da diese wegen der Trichterform der ganzen Exkavation weniger geöffnet ist als die Photosphäre, so erklärt der Weg der Lichtstrahlen, welche zu beiden Seiten an den Rändern der unterbrochenen Hüllen hinstreifen und zu dem Auge des Beobachters gelangen, die von Wilson zuerst aufgefundene Verschiedenheit in den gegenüberstehenden Breiten der Penumbra, je nachdem der Kernflecken sich von dem Centrum der Sonnenscheibe entfernt. Wenn, wie Laugier mehrmals bemerkt hat, sich der Hof über den schwarzen Kernflecken selbst hinzieht und dieser gänzlich verschwindet, so ist die Ursache davon die, daß nicht die Photosphäre, aber wohl die Dunstschicht unter derselben ihre Oeffnung geschlossen hat.

Ein Sonnenflecken, der im Jahre 1779 mit bloßen Augen sichtbar war, leitete glücklicherweise William Herschels gleich geniale Beobachtungs- und Kombinationsgabe auf den Gegenstand, welcher uns hier beschäftigt. Wir besitzen die Resultate seiner großen Arbeit, die das Einzelnste in einer sehr bestimmten von ihm festgesetzten Nomenklatur behandelt, in zwei Jahrgängen der Philosophical Transactions, von 1795 und 1801. Wie gewöhnlich geht der große Mann auch hier wieder seinen eigenen Weg; er nennt bloß einmal Alexander Wilson. Das Allgemeine der Ansicht ist identisch mit der von Bode, seine Konstruktion der Sichtbarkeit und Dimensionen des Kernes und der Penumbra (Philos. Transact. 1801, p. 270 und 318, Tab. XVIII, fig. 2) gründet sich auf die Annahme einer Oeffnung in zwei Umhüllungen; aber zwischen der Dunsthülle und dem dunklen Sonnenkörper setzt er noch (p. 302) eine helle Luftatmosphäre (clear and transparent),

in welcher die dunklen oder wenigstens nur durch Reflex schwach erleuchteten Wolken etwa 70—80 geogr. Meilen (520 bis 600 km) hoch hängen. Eigentlich scheint William Herschel geneigt, auch die Photosphäre nur als eine Schicht unzusammenhängender phosphorischer Wolken von sehr rauher (ungleicher) Oberfläche zu betrachten. Ein elastisches Fluidum unbekannter Natur scheint ihm aus der Rinde oder von der Oberfläche des dunklen Sonnenkörpers aufzusteigen und in den höchsten Regionen bei einer schwachen Wirkung nur kleine Lichtporen, bei heftiger, stürmischer Wirkung große Oeffnungen und mit ihnen Kernflecken, die von Höfen (shallows) umgeben sind, zu erzeugen.[9]

Die selten runden, fast immer eingerissen eckigen, durch einspringende Winkel charakterisierten schwarzen Kernflecken sind oft von Höfen umgeben, welche dieselbe Figur in vergrößertem Maßstabe wiederholen. Es ist kein Uebergang der Farbe des Kernfleckens in den Hof oder des Hofes, welcher bisweilen farbig ist, in die Photosphäre bemerkbar. Capocci und ein sehr fleißiger Beobachter, Pastorff (zu Buchholz in der Mark), haben die eckigen Formen der Kerne sehr genau abgebildet (Schum. Astr. Nachr. Nr. 115, S. 316, Nr. 133, S. 291 und Nr. 144, S. 471). William Herschel und Schwabe sahen die Kernflecke durch glänzende Lichtadern, ja wie durch Lichtbrücken (luminous bridges) geteilt, Phänomene wolkenartiger Natur aus der zweiten, die Höfe erzeugenden Schicht. Solche sonderbare Gestaltungen, wahrscheinlich Folgen aufsteigender Ströme, die tumultuarischen Entstehungen von Flecken, Sonnenfackeln, Furchen und hervorragenden Streifen (Kämmen von Lichtwällen) deuten nach dem Astronomen von Slough auf starke Lichtentbindung; dagegen deutet nach ihm „Abwesenheit von Sonnenflecken und der sie begleitenden Erscheinungen auf Schwäche der Kombustion und daher minder wohlthätige Wirkung auf die Temperatur unseres Planeten und das Gedeihen der Vegetation." Durch diese Ahnungen wurde William Herschel zu dem Versuche geleitet, die Abwesenheit von Sonnenflecken in den Jahren 1676 bis 1684 (nach Flamsteed), von 1686 bis 1688 (nach Dominikus Cassini), von 1695 bis 1700, von 1795 bis 1800 mit den Kornpreisen und den Klagen über schlechte Ernten zu vergleichen. Leider! wird es aber immer an der Kenntnis numerischer Elemente fehlen, auf welche sich auch nur eine mutmaßliche Lösung eines solchen Problems gründen könnte, nicht etwa

bloß, wie der immer so umsichtige Astronom selbst bemerkt, weil die Kornpreise in einem Teile von Europa nicht den Maßstab für den Vegetationszustand des ganzen Kontinentes abgeben können, sondern vorzüglich, weil aus der Verminderung der mittleren Jahrestemperatur, sollte sie auch ganz Europa umfassen, sich keineswegs auf eine geringere Quantität Wärme schließen läßt, welche in demselben Jahre der Erdkörper von der Sonne empfangen hat. Aus Doves Untersuchungen über die nicht periodischen Temperaturänderungen ergibt sich, daß Witterungsgegensätze stets seitlich (zwischen fast gleichen Breitenkreisen) nebeneinander liegen. Unser Kontinent und der gemäßigte Teil von Nordamerika bilden in der Regel solch einen Gegensatz. Wenn wir hier strenge Winter erleiden, so sind sie dort milde und umgekehrt: — Kompensationen in der räumlichen Wärmeverteilung, welche da, wo nahe ozeanische Verbindungen stattfinden, wegen des unbestreitbaren Einflusses der mittleren Quantität der Sommerwärme auf den Vegetationscyklus und demnach auf das Gedeihen der Cerealien, von den wohlthätigsten Folgen für die Menschheit sind.

Wie William Herschel der Thätigkeit des Centralkörpers, dem Prozesse, dessen Folgen die Sonnenflecken sind, eine Zunahme der Wärme auf dem Erdkörper zuschrieb, so hatte fast drittehalb Jahrhunderte früher Batista Baliani in einem Briefe an Galilei die Sonnenflecken als erkältende Potenzen geschildert.[10] Diesem Resultate würde sich auch nähern der Versuch, welchen der fleißige Astronom Gautier in Genf gemacht hatte, vier Perioden von vielen und wenigen Flecken auf der Sonnenscheibe (von 1827 bis 1843) mit den mittleren Temperaturen zu vergleichen, welche 33 europäische und 29 amerikanische Stationen ähnlicher Breiten darboten. Es offenbaren in dieser Vergleichung sich wieder, durch positive und negative Unterschiede ausgedrückt, die Gegensätze der einander gegenüberstehenden atlantischen Küsten. Die Endresultate geben aber für die erkältende Kraft, die hier den Sonnenflecken zugeschrieben wird, kaum 0,42° Cent., welche selbst für die bezeichneten Lokalitäten den Fehlern der Beobachtung und der Windrichtungen ebensogut als den Sonnenflecken zuzuschreiben sein können.

Es bleibt uns übrig, noch von einer dritten Umhüllung der Sonne zu reden, deren wir schon oben erwähnt. Sie ist die äußerste von allen, bedeckt die Photosphäre (die selbstleuchtende Lichthülle), und ist wolkig und unvollkommen durch-

scheinend. Merkwürdige Phänomene, rötliche, berg- oder flammenartige Gestalten, welche während der totalen Sonnenfinsternis vom 8. Juli 1842, wenn auch nicht zum erstenmal, doch viel deutlicher und gleichzeitig von mehreren der geübtesten Beobachter gesehen wurden, haben zu der Annahme einer solchen dritten Hülle geführt. Arago hat mit großem Scharfsinn, nach gründlicher Prüfung der einzelnen Beobachtungen, in einer eigenen Abhandlung die Motive aufgezählt, welche diese Annahme notwendig machen. Er hat gleichzeitig erwiesen, daß seit 1706 in totalen oder ringförmigen Sonnenfinsternissen bereits achtmal ähnliche rote randartige Hervorragungen beschrieben worden sind.[11] Am 8. Juli 1842 sah man, als die scheinbar größere Mondscheibe die Sonne ganz bedeckte, nicht bloß einen weißlichen[12] Schein als Krone oder leuchtenden Kranz die Mondscheibe umgeben; man sah auch, wie auf ihrem Rande wurzelnd, zwei oder drei Erhöhungen, welche einige der Beobachter mit rötlichen, zackigen Bergen, andere mit geröteten Eismassen, noch andere mit unbeweglichen, gezahnten, roten Flammen verglichen. Arago, Laugier und Mauvais in Perpignan, Petit in Montpellier, Airy auf der Superga, Schumacher in Wien und viele andere Astronomen stimmten in den Hauptzügen der Endresultate, trotz der großen Verschiedenheit der angewandten Fernröhren, vollkommen miteinander überein. Die Erhöhungen erschienen nicht immer gleichzeitig, an einigen Orten wurden sie sogar mit dem unbewaffneten Auge erkannt. Die Schätzung der Höhenwinkel fiel allerdings verschieden aus; die sicherste ist wohl die von Petit, dem Direktor der Sternwarte zu Toulouse. Sie war 1′ 45″ und würde, wenn die Erhabenheiten wirkliche Sonnenberge wären, Höhen von 10000 geogr. Meilen (74000 km) geben; das ist fast siebenmal der Durchmesser der Erde, während dieser nur 112mal im Durchmesser der Sonne enthalten ist. Die Gesamtheit der diskutierten Erscheinungen hat zu der sehr wahrscheinlichen Hypothese geführt, daß jene roten Gestalten Aufwallungen in der dritten Hülle sind, Wolkenmassen, welche die Photosphäre erleuchtet[13] und färbt. Arago, indem er diese Hypothese aufstellt, äußert zugleich die Vermutung, daß das tiefe Dunkel des blauen Himmels, welches ich selbst auf den höchsten Kordilleren mit, freilich noch bis jetzt so unvollkommenen Instrumenten gemessen, bequem Gelegenheit darbieten könne, jene bergartigen Wolken des äußersten Dunstkreises der Sonne häufig zu beobachten.[14]

Wenn man die Zone betrachtet, in welcher die Sonnenflecken am gewöhnlichsten gefunden werden (es beschreiben dieselben bloß am 8. Juni und 9. Dezember gerade, und dazu unter sich und dem Sonnenäquator parallele, nicht konkav oder konvex gekrümmte Linien auf der Sonnenscheibe), so ist es gleich charakteristisch, daß sie selten in der Aequatorialgegend von 3° nördlicher bis 3° südlicher Breite gesehen werden, ja in der Polargegend gänzlich fehlen. Sie sind im ganzen am häufigsten zwischen 11° und 15° nördlich vom Aequator und überhaupt in der nördlichen Hemisphäre häufiger, oder, wie Sömmering will, dort ferner vom Aequator zu sehen als in der südlichen Hemisphäre (Outlines § 393, Kapreise p. 433). Schon Galilei bestimmte als äußerste Grenzen nördlicher und südlicher heliozentrischer Breite 29°. Sir John Herschel erweitert diese Grenzen bis 35°, ebenso Schwabe (Schum. Astr. Nachr. Nr. 473). Einzelne Flecken hat Laugier (Comptes rendus T. XV, p. 944) bis 41°, Schwabe bis 50° aufgefunden. Zu den größten Seltenheiten gehört ein Flecken, welchen La Hire unter 70° nördlicher Breite beschreibt.

Die eben entwickelte Verteilung der Flecken auf der Sonnenscheibe, ihre Seltenheit unter dem Aequator selbst und in der Polargegend, ihre Reihung parallel dem Aequator haben Sir John Herschel zu der Vermutung veranlaßt, daß Hindernisse, welche die dritte dunstförmige äußerste Umhüllung an einigen Punkten der Entweichung der Wärme entgegensetzen kann, Strömungen in der Sonnenatmosphäre von den Polen zum Aequator erzeugen, denen ähnlich, welche auf der Erde, wegen der Geschwindigkeitsverschiedenheit unter jedem der Parallelkreise, die Ursache der Passatwinde und der Windstillen nahe am Aequator sind. Einzelne Flecken zeigen sich so permanent, daß sie, wie der große von 1779, sechs volle Monate lang immer wiederkehren. Schwabe hat dieselbe Gruppe 1840 achtmal verfolgen können. Ein schwarzer Kernflecken, welcher in der von mir so viel benutzten Kapreise von Sir John Herschel abgebildet ist, wurde durch genaue Messung so groß gefunden, daß, wenn unser ganzer Erdball durch die Oeffnung der Photosphäre wäre geworfen worden, noch auf jeder Seite ein freier Raum von mehr als 230 geogr. Meilen (1600 km) übrig geblieben wäre. Sömmering macht darauf aufmerksam, daß es an der Sonne gewisse Meridianstreifen gibt, in denen er viele Jahre lang nie einen Sonnenflecken hat entstehen sehen (Thilo, De Solis maculis a Sömme-

ringio observatis 1828, p. 22). Die so verschiedenen Angaben der Umlaufszeit der Sonne sind keineswegs der Ungenauigkeit der Beobachtung allein zuzuschreiben; sie rühren von der Eigenschaft einiger Flecken her, selbst ihren Ort auf der Scheibe zu verändern. Laugier hat diesem Gegenstand eine spezielle Untersuchung gewidmet und Flecken beobachtet, welche einzeln Rotationen von $24{,}28^{\mathrm{T}}$ und $26{,}46^{\mathrm{T}}$ geben würden. Unsere Kenntnis von der wirklichen Rotationszeit der Sonne kann daher nur als das Mittel aus einer großen Zahl von beobachteten Flecken gelten, welche durch Permanenz der Gestaltung und durch Unveränderlichkeit des Abstandes von anderen, gleichzeitigen Flecken Sicherheit gewähren.

Obgleich für den, welcher unbewaffneten Auges mit Absicht die Sonnenscheibe durchspäht, viel öfter deutlich Sonnenflecken erkennbar werden, als man gewöhnlich glaubt, so findet man doch bei sorgfältiger Prüfung zwischen den Anfängen des 9. und des 17. Jahrhunderts kaum zwei bis drei Erscheinungen aufgezeichnet, welchen man Vertrauen schenken kann. Ich rechne dahin: aus den zuerst einem Astronomen aus dem Benediktinerorden, später dem Eginhard zugeschriebenen Annalen der fränkischen Könige, den sogenannten achttägigen Aufenthalt des Merkur in der Sonnenscheibe im Jahre 807; den 91 Tage dauernden Durchgang der Venus durch die Sonne unter dem Kalifen Al-Motaßem im Jahre 840; die Signa in Sole im Jahre 1096 nach Staindelii Chronicon. Die Epochen von rätselhaften geschichtlichen Verdunkelungen der Sonne oder, wie man sich genauer ausdrücken sollte, von mehr oder weniger lange dauernder Verminderung der Tageshelle haben mich seit Jahren, als meteorologische oder vielleicht kosmische Erscheinungen, zu speziellen Untersuchungen[15] veranlaßt. Da große Züge von Sonnenflecken (Hevelius beobachtete dergleichen am 20. Juli 1643, welche den dritten Teil der Scheibe bedeckten) immer von vielen Sonnenfackeln[16] begleitet sind, so bin ich wenig geneigt, jene Verdunkelungen, bei denen zum Teil Sterne, wie in totalen Sonnenfinsternissen, sichtbar wurden, den Kernflecken zuzuschreiben.

Die Abnahmen des Tageslichtes, von welchen die Annalisten Kunde geben, können, glaube ich, schon ihrer vielstündigen Dauer wegen (nach du Séjours Berechnung ist die längst mögliche Dauer einer totalen Verfinsterung der Sonne für den Aequator 7′ 58″, für die Breite von Paris nur 6′ 10″),

möglicherweise in drei ganz verschiedenen Ursachen gegründet sein: 1) in dem gestörten Prozeß der Lichtentbindung, gleichsam in einer minderen Intensität der Photosphäre; 2) in Hindernissen (größerer und dichterer Wolkenbildung), welche die äußerste opake Dunsthülle, die, welche die Photosphäre umgibt, der Licht- und Wärmestrahlung der Sonne entgegensetzt; 3) in der Verunreinigung unserer Atmosphäre, wie durch verdunkelnden, meist organischen Passatstaub, durch Tintenregen oder mehrtägigen von Macgowan beschriebenen, chinesischen Sandregen. Die zweite und dritte der genannten Ursachen erfordern keine Schwächung des vielleicht elektromagnetischen Lichtprozesses (des perpetuierlichen Polarlichtes [17]) in der Sonnenatmosphäre; die letzte Ursache schließt aber das Sichtbarwerden von Sternen am Mittag aus, von dem so oft bei jenen rätselhaften, nicht umständlich genug beschriebenen Verfinsterungen die Rede ist.

Aber nicht bloß die Existenz der dritten und äußersten Umhüllung der Sonne, sondern die Vermutungen über die ganze physische Konstitution des Centralkörpers unseres Planetensystems werden bekräftigt durch Aragos Entdeckung der chromatischen Polarisation. „Ein Lichtstrahl, der viele Millionen Meilen weit aus den fernsten Himmelsräumen zu unserem Auge gelangt, verkündigt im Polariskop gleichsam von selbst, ob er reflektiert oder gebrochen sei, ob er von einem festen, von einem tropfbar flüssigen oder von einem gasförmigen Körper emaniert, er verkündigt sogar den Grad seiner Intensität.“ Es ist wesentlich zu unterscheiden zwischen dem natürlichen Lichte, wie es unmittelbar (direkt) der Sonne, den Fixsternen oder Gasflammen entströmt und durch Reflexion von einer Glasplatte unter einem Winkel von 35° 25′ polarisiert wird, und zwischen dem polarisierten Lichte, das als solches gewisse Substanzen (glühende, sowohl feste als tropfbar flüssige Körper) von selbst ausstrahlen. Das polarisierte Licht, welches die obengenannten Klassen von Körpern geben, kommt sehr wahrscheinlich aus ihrem Inneren. Indem es aus einem dichteren Körper in die dünnen umgebenden Luftschichten tritt, wird es an der Oberfläche gebrochen, und bei diesem Vorgange kehrt ein Teil des gebrochenen Strahles nach dem Inneren zurück und wird durch Reflexion polarisiertes Licht, während der andere Teil die Eigenschaften des durch Refraktion polarisierten Lichtes darbietet. Das chromatische Polariskop unterscheidet beide durch die entgegen-

gesetzte Stellung der farbigen Komplementarbilder. Mittels sorgfältiger Versuche, die über das Jahr 1820 hinausreichen, hat Arago erwiesen, daß ein glühender fester Körper (z. B. eine rotglühende eiserne Kugel) oder ein leuchtendes, geschmolzenes, fließendes Metall in Strahlen, die in perpendikularer Richtung ausströmen, bloß natürliches Licht geben, während die Lichtstrahlen, welche unter sehr kleinen Winkeln von den Rändern zu unserem Auge gelangen, polarisiert sind. Wurde nun dasselbe optische Werkzeug, durch welches man beide Lichtarten scharf voneinander unterscheidet, das Polariskop, auf Gasflammen angewendet, so war keine Polarisation zu entdecken, sollten auch die Lichtstrahlen unter noch so kleinen Winkeln emanieren. Wenn gleich selbst in den gasförmigen Körpern das Licht im Inneren erzeugt wird, so scheint doch bei der so geringen Dichtigkeit der Gasschichten weder der längere Weg die sehr obliquen Lichtstrahlen an Zahl und Stärke zu schwächen, noch der Austritt an der Oberfläche, der Uebergang in ein anderes Medium, Polarisation durch Refraktion zu erzeugen. Da nun die Sonne ebenfalls keine Spur von Polarisation zeigt, wenn man das Licht, welches in sehr obliquer Richtung unter bedeutend kleinen Winkeln von den Rändern ausströmt, im Polariskop untersucht, so folgt aus dieser wichtigen Vergleichung, daß das, was in der Sonne leuchtet, nicht aus dem festen Sonnenkörper, nicht aus etwas tropfbar Flüssigem, sondern aus einer gasförmigen selbstleuchtenden Umhüllung kommt. Wir haben hier eine materielle physische Analyse der Photosphäre.

Dasselbe Instrument hat aber auch zu dem Schlusse geführt, daß die Intensität des Lichtes in dem Centrum der Sonnenscheibe nicht größer als die der Ränder ist. Wenn die zwei komplementaren Farbenbilder der Sonne, das rote und blaue, so übereinander geschoben werden, daß der Rand des einen Bildes auf das Centrum des anderen fällt, so entsteht ein vollkommenes Weiß. Wäre die Intensität des Lichtes in den verschiedenen Teilen der Sonnenscheibe nicht dieselbe, wäre z. B. das Centrum der Sonne leuchtender als der Rand, so würde, bei dem teilweisen Decken der Bilder, in dem gemeinschaftlichen Segmente des blauen und roten Diskus nicht ein reines Weiß, sondern ein blasses Rot erscheinen, weil die blauen Strahlen nur vermögend wären, einen Teil der häufigeren roten Strahlen zu neutralisieren. Erinnern wir uns nun wieder, daß in der gasförmigen Photosphäre der Sonne,

ganz im Gegensatz mit dem, was in festen oder tropfbar flüssigen Körpern vorgeht, die Kleinheit der Winkel, unter welchen die Lichtstrahlen emanieren, nicht ihre Zahl an den Rändern vermindert, so würde, da derselbe Visionswinkel an den Rändern eine größere Menge leuchtender Punkte umfaßt, als in der Mitte der Scheibe, nicht auf die Kompensation zu rechnen sein, welche, wäre die Sonne eine leuchtende eiserne Kugel, also ein fester Körper, an den Rändern zwischen den entgegengesetzten Wirkungen der Kleinheit des Strahlungswinkels und des Umfassens einer größeren Zahl von Lichtpunkten unter demselben Visionswinkel stattfände. Die selbstleuchtende gasförmige Umhüllung, d. i. die uns sichtbare Sonnenscheibe, müßte sich also im Widerspruch mit den Anzeigen des Polariskops, welches den Rand und die Mitte von gleicher Intensität gefunden, leuchtender in dem Centrum als an dem Rande darstellen. Daß dem nicht so ist, wird der äußersten, trüben Dunsthülle zugeschrieben, welche die Photosphäre umgibt, und das Licht vom Centrum minder dämpft als die auf langem Wege die Dunsthülle durchschneidenden Lichtstrahlen der Ränder.[18] Bouguer und Laplace, Airy und Sir John Herschel sind den hier entwickelten Ansichten meines Freundes entgegen; sie halten die Intensität des Lichtes der Ränder für schwächer als die des Centrums, und der zuletzt genannte unter den berühmten Physikern und Astronomen erinnert,[19] „daß, nach den Gesetzen des Gleichgewichtes, diese äußere Dunsthülle eine mehr abgeplattete, sphäroidische Gestalt haben müsse als die darunter liegenden Hüllen, ja daß die größere Dicke, welche der Aequatorialgegend zukommt, einen Unterschied in der Quantität der Lichtausstrahlung hervorbringen möchte". Arago ist in diesem Augenblick mit Versuchen beschäftigt, durch die er nicht bloß seine eigenen Ansichten prüfen, sondern auch die Resultate der Beobachtung auf genaue numerische Verhältnisse zurückführen wird.

Die Vergleichung des Sonnenlichtes mit den zwei intensivsten künstlichen Lichtern, welche man bisher auf der Erde hat hervorbringen können, gibt, nach dem noch so unvollkommenen Zustande der Photometrie, folgende numerische Resultate: In den scharfsinnigen Versuchen von Fizeau und Foucault war Drummonds Licht (hervorgebracht durch die Flamme der Oxhydrogenlampe, auf Kreide gerichtet), zu dem der Sonnenscheibe wie 1 zu 146. Der leuchtende Strom, welcher in Davys Experiment zwischen zwei Kohlenspitzen

mittels einer Bunsenschen Säule erzeugt wird, verhielt sich bei 46 kleineren Platten zum Sonnenlichte wie 1 zu 4,2, bei Anwendung sehr großer Platten aber wie 1 zu 2,5; er war also noch nicht dreimal schwächer als Sonnenlicht.[20] Wenn man heute noch nicht ohne Erstaunen vernimmt, daß Drummonds blendendes Licht, auf die Sonnenscheibe projiziert, einen schwarzen Flecken bildet, so erfreut man sich zweifach der Genialität, mit der Galilei schon 1612 durch eine Reihe von Schlüssen[21] über die Kleinheit der Entfernung von der Sonne, in welcher die Scheibe der Venus am Himmelsgewölbe nicht mehr dem bloßen Auge sichtbar ist, zu dem Resultate gelangt war, daß der schwärzeste Kern der Sonnenflecken leuchtender sei als die hellsten Teile des Vollmondes.

William Herschel schätzte (die Intensität des ganzen Sonnenlichts zu 1000 gesetzt) die Höfe oder Penumbren der Sonnenflecken im Mittel zu 469 und den schwarzen Kernfleck selbst zu 7. Nach dieser, wohl nur sehr mutmaßlichen Angabe besäße, da man die Sonne nach Bouguer für 300000mal lichtstärker als den Vollmond hält, ein schwarzer Kernfleck noch über 2000mal mehr Licht als der Vollmond. Der Grad der Erleuchtung der von uns gesehenen Kernflecken, d. i. des an sich dunklen Körpers der Sonne, erleuchtet durch Reflex von den Wänden der geöffneten Photosphäre, von der inneren, die Penumbren erzeugenden Dunsthülle, und durch das Licht der irdischen Luftschichten, durch die wir sehen, hat sich auch auf eine merkwürdige Weise bei einigen Durchgängen des Merkur offenbart. Mit dem Planeten verglichen, welcher uns alsdann die schwarze Nachtseite zuwendet, erschienen die nahen, dunkelsten Kernflecken in einem lichten Braungrau. Ein vortrefflicher Beobachter, Hofrat Schwabe in Dessau, ist bei dem Merkurdurchgange vom 5. Mai 1832 auf diesen Unterschied der Schwärze zwischen Planet und Kernflecken besonders aufmerksam gewesen. Mir selbst ist leider bei dem Durchgang vom 9. November 1802, welchen ich in Peru beobachtete, da ich zu anhaltend mit Abständen von den Fäden beschäftigt war, die Vergleichung entgangen, obgleich die Merkurscheibe die nahen dunklen Sonnenflecken fast berührte. Daß die Sonnenflecken bemerkbar weniger Wärme ausstrahlen als die fleckenlose Teile der Sonnenscheibe, ist schon 1815 in Amerika von dem Professor Henry zu Princeton durch seine Versuche erwiesen worden. Das Bild der Sonne und eines großen

Sonnenflecken wurden auf einen Schirm projiziert und die Wärmeunterschiede mittels eines thermoelektrischen Apparates gemessen.

Sei es, daß die Wärmestrahlen sich von den Lichtstrahlen durch andere Längen der Transversalschwingungen des Aethers unterscheiden, oder, mit den Lichtstrahlen identisch, nur in einer gewissen Geschwindigkeit von Schwingungen, welche sehr hohe Temperaturen erzeugt, in unseren Organen die Lichtempfindung hervorbringen, so kann die Sonne doch, als Hauptquelle des Lichtes und der Wärme, auf unserem Planeten, besonders in dessen gasartiger Umhüllung, im Luftkreise, magnetische Kräfte hervorrufen und beleben. Die frühe Kenntnis thermoelektrischer Erscheinungen in kristallisierten Körpern (Turmalin, Boracit, Topas) und Oberstedts große Entdeckung (1820), nach welcher jeder von Elektrizität durchströmte Leiter während der Dauer des elektrischen Stromes bestimmte Einwirkung auf die Magnetnadel hat, offenbarten faktisch den Verkehr zwischen Wärme, Elektrizität und Magnetismus. Auf die Idee solcher Verwandtschaft gestützt, stellte der geistreiche Ampère, der allen Magnetismus elektrischen Strömungen zuschrieb, welche in einer senkrecht auf die Achsen der Magnete gerichteten Ebene liegen, die Hypothese auf, daß der Erdmagnetismus (die magnetische Ladung des Erdkörpers) durch elektrische Strömungen erzeugt werde, welche den Planeten von Ost nach West umfließen, ja daß die stündlichen Variationen der magnetischen Deklination deshalb Folge der mit dem Sonnenstand wechselnden Wärme, als des Erregers der Strömungen, sei. Die thermomagnetischen Versuche von Seebeck, in welchen Temperaturdifferenzen in den Verbindungsstellen eines Kreises (von Wismut und Kupfer oder anderen heterogenen Metallen) eine Ableitung der Magnetnadel verursachen, bestätigten Ampères Ansichten.

Eine neue, wiederum glänzende Entdeckung Faradays, deren nähere Erörterung fast mit dem Druck dieser Blätter zusammenfällt, wirft ein unerwartetes Licht über diesen wichtigen Gegenstand. Während frühere Arbeiten dieses großen Physikers lehrten, daß alle Gasarten diamagnetisch, d. h. sich ostwestlich stellend, wie Wismut und Phosphor, seien, das Sauerstoffgas aber am schwächsten, wurde durch seine letzte Arbeit, deren Anfang bis 1847 hinaufreicht, erwiesen, daß Sauerstoffgas allein unter allen Gasarten sich wie Eisen, d. h. in nordsüdlicher Achsenstellung, verhalte, ja daß das

Sauerstoffgas durch Verdünnung und Erhöhung der Temperatur von seiner paramagnetischen Kraft verliere. Da die diamagnetische Thätigkeit der anderen Bestandteile der Atmosphäre, des Stickgases und der Kohlensäure, weder durch ihre Ausdehnung, noch durch Temperaturerhöhung modifiziert wird, so ist nur die Hülle von Sauerstoff in Betrachtung zu ziehen, welche den ganzen Erdball „gleichsam wie eine große Kuppel von dünnem Eisenblech umgibt und von ihm Magnetismus empfängt". Die Hälfte der Kuppel, welche der Sonne zugekehrt ist, wird weniger paramagnetisch sein als die entgegengesetzte, und da diese Hälften durch Rotation und Revolution um die Sonne sich immerfort in ihren Grenzen räumlich verändern, so ist Faraday geneigt, aus diesen thermischen Verhältnissen einen Teil der Variationen des tellurischen Magnetismus auf der Oberfläche herzuleiten. Die durch Experimente begründete Assimilation einer einzigen Gasart, des Sauerstoffs mit dem Eisen ist eine wichtige Entdeckung unserer Zeit; sie ist um so wichtiger, als der Sauerstoff wahrscheinlich fast die Hälfte aller ponderablen Stoffe in den uns zugänglichen Teilen der Erde bildet. Ohne die Annahme magnetischer Pole in dem Sonnenkörper oder eigener magnetischer Kräfte in den Sonnenstrahlen kann der Centralkörper als ein mächtiger Wärmequell magnetische Thätigkeit auf unserem Planeten erregen.

Die Versuche, welche man gemacht hat, durch vieljährige, an einzelnen Orten angestellte, meteorologische Beobachtungen zu erweisen, daß eine Seite der Sonne (z. B. die, welche am 1. Januar 1846 der Erde zugewandt war) eine stärker wärmende Kraft als die entgegengesetzte besitze, haben ebensowenig zu sicheren Resultaten geführt, als die sogenannten Beweise der Abnahme des Sonnendurchmessers, geschlossen aus den älteren Greenwicher Beobachtungen von Maskelyne. Fester begründet aber scheint die vom Hofrat Schwabe in Dessau auf bestimmte Zahlenverhältnisse reduzierte Periodizität der Sonnenflecken.[22] Keiner der letzt lebenden Astronomen, die mit vortrefflichen Instrumenten ausgerüstet sind, hat diesem Gegenstand eine so anhaltende Aufmerksamkeit widmen können. Während des langen Zeitraums von 24 Jahren hat Schwabe oft über 300 Tage im Jahre die Sonnenscheibe durchforscht. Da seine Beobachtungen der Sonnenflecken von 1844 bis 1850 noch nicht veröffentlicht waren, so habe ich von seiner Freundschaft erlangt, daß er mir dieselben mitgeteilt, und zugleich

auf eine Zahl von Fragen geantwortet hat, die ich ihm vorgelegt. Ich schließe den Abschnitt von der physischen Konstitution unseres Centralkörpers mit dem, womit jener Beobachter den astronomischen Teil meines Buches hat bereichern wollen.

„Die in der nachfolgenden Tabelle enthaltenen Zahlen lassen wohl keinen Zweifel übrig, daß wenigstens vom Jahre 1826 bis 1850 eine Periode der Sonnenflecken von ungefähr 10 Jahren in der Art stattgefunden hat, daß ihr Maximum in die Jahre 1828, 1837 und 1848, ihr Minimum in die Jahre 1833 und 1843, gefallen ist. Ich habe keine Gelegenheit gehabt (sagt Schwabe), ältere Beobachtungen in einer fortlaufenden Reihe kennen zu lernen, stimme aber gern der Meinung bei, daß diese Periode selbst wieder veränderlich sein könne.[23]

Jahr	Gruppen	Fleckenfreie Tage	Beobachtungs-Tage
1826	118	22	277
1827	161	2	273
1828	225	0	282
1829	199	0	244
1830	190	1	217
1831	149	3	239
1832	84	49	270
1833	33	139	267
1834	51	120	273
1835	173	18	244
1836	272	0	200
1837	333	0	168
1838	282	0	202
1839	162	0	205
1840	152	3	263
1841	102	15	283
1842	68	64	307
1843	34	149	312
1844	52	111	321
1845	114	29	332
1846	157	1	314
1847	257	0	276
1848	330	0	278
1849	238	0	285
1850	186	2	308

„Große, mit unbewaffnetem Auge sichtbare Sonnenflecken beobachtete ich fast in allen den Jahren, in welchen das Minimum nicht stattfand; die größten erschienen 1828, 1829, 1831, 1836, 1837, 1838, 1839, 1847, 1848. Große Sonnenflecken nenne ich aber diejenigen, welche einen Durchmesser von mehr als 50″ haben. Diese fangen dann erst an, dem unbewaffneten, scharfsichtigen Auge sichtbar zu werden.

„Unbezweifelt stehen die Sonnenflecken in genauer Beziehung zu der Fackelbildung; ich sehe häufig sowohl nach dem Verschwinden der Flecken an demselben Orte Fackeln oder Narben entstehen, als auch in den Fackeln neue Sonnenflecken sich entwickeln. Jeder Flecken ist mit mehr oder weniger starkem Lichtgewölk umgeben. Ich glaube nicht, daß die Sonnenflecken irgend einen Einfluß auf die Temperatur des Jahres haben. Ich notiere täglich dreimal den Barometer- und Thermometerstand; die hieraus jährlich gezogenen Mittelzahlen lassen bisher keinen bemerkbaren Zusammenhang ahnen zwischen Klima und Zahl der Flecken. Wenn sich aber auch in einzelnen Fällen scheinbar ein solcher Zusammenhang zeigte, so würde derselbe doch nur dann erst von Wichtigkeit werden, wenn die Resultate aus vielen anderen Teilen der Erde damit übereinstimmten. Sollten die Sonnenflecken irgend einen geringen Einfluß auf unsere Atmosphäre haben, so würde meine Tabelle vielleicht eher darauf hindeuten, daß die fleckenreichen Jahre weniger heitere Tage zählten als die fleckenarmen. (Schumachers Astronomische Nachrichten Nr. 638, S. 221.)

„William Herschel nannte die helleren Lichtstreifen, welche sich nur gegen den Sonnenrand hin zeigen, Fackeln, Narben aber die aderartigen Stellen, welche bloß gegen die Mitte der Sonnenscheibe hin sichtbar werden (Astr. Nachr. Nr. 350, S. 243). Ich glaube mich überzeugt zu haben, daß Fackeln und Narben aus demselben geballten Lichtgewölk herrühren, welches am Sonnenrande lichtvoller hervortritt, in der Mitte der Sonnenscheibe aber, weniger hell als die Oberfläche, in der Form von Narben erscheint. Ich ziehe vor, alle helleren Stellen auf der Sonne Lichtgewölk zu nennen, und dasselbe nach seiner Gestaltung in geballtes und aderförmiges einzuteilen. Dieses Lichtgewölk ist auf der Sonne unregelmäßig verteilt, und gibt bisweilen der Scheibe bei seinem stärkeren Hervortreten ein marmoriertes Ansehen. Dasselbe ist oft am ganzen Sonnenrande, ja zuweilen bis zu den

Polen, deutlich sichtbar, jedoch immer am kräftigsten in den eigentlichen beiden Fleckenzonen, selbst in Epochen, wo diese keine Flecken haben. Alsdann erinnern beide helle Fleckenzonen der Sonne lebhaft an die Streifen des Jupiter.

„Furchen sind die zwischen dem aderförmigen Lichtgewölk befindlichen matteren Stellen der allgemeinen Sonnenoberfläche, welche stets ein chagrinartiges, grießsandiges Ansehen hat, d. h. an Sand erinnert, der aus gleich großen Körnern besteht. Auf dieser chagrinartigen Oberfläche sieht man zuweilen außerordentlich kleine mattgraue (nicht schwarze) Punkte (Poren), die wiederum mit äußerst feinen dunklen Aederchen durchzogen sind (Astr. Nachr. Nr. 473, S. 286). Solche Poren bilden, wenn sie in Masse vorhanden sind, graue, nebelartige Stellen, ja die Höfe der Sonnenflecken. In diesen sieht man Poren und schwarze Punkte meist strahlenförmig sich vom Kern aus zum Umfange des Hofes verbreiten, woraus die so oft ganz übereinstimmende Gestalt des Hofes mit der des Kernes entsteht."

Die Bedeutung und der Zusammenhang so wechselnder Erscheinungen werden sich dann erst dem forschenden Physiker in ihrer ganzen Wichtigkeit darbieten, wenn einst unter der vielmonatlichen Heiterkeit des Tropenhimmels mit Hilfe mechanischer Urbewegung und photographischer Apparate eine ununterbrochene Reihe von Darstellungen der Sonnenflecken erlangt werden kann. Die in den gasförmigen Umhüllungen des dunklen Sonnenkörpers vorgehenden meteorologischen Prozesse bewirken die Erscheinungen, welche wir Sonnenflecken und geballte Lichtwolken nennen. Wahrscheinlich sind auch dort, wie in der Meteorologie unseres Planeten, die Störungen von so mannigfaltiger und verwickelter Art, in so allgemeinen und örtlichen Ursachen gegründet, daß nur durch eine lange und nach Vollständigkeit strebende Beobachtung ein Teil der noch dunklen Probleme gelöst werden kann.

Anmerkungen.

[1] (S. 262.) Vergl. oben, wo ich nach Uranusweiten, als dem damaligen Maß der Begrenzung des Planetensystems, rechnete, Kosmos Bd. I, S. 80, 105 und 287 (Anm. 76). Wenn man den Abstand des Neptuns von der Sonne zu 30,04 Erdweiten annimmt, so ist die Entfernung des α Centauri von der Sonne noch 7523 Neptunsweiten, die Parallaxe angenommen zu 0,9128″; und doch ist die Entfernung von 61 Cygni schon fast 2½mal, die des Sirius (bei einer Parallaxe von 0,230″) 4mal größer als die von α Centauri. (Eine Neptunsweite ist ungefähr 4608 Millionen km, oder 621 Millionen geographischer Meilen, deren nach Hansen 396½ Millionen auf den Abstand des Uranus gehen. Eine Siriusweite beträgt nach Galle, bei Hendersons Parallaxe, 896 800 Halbmesser der Erdbahn = 18 547 000 Millionen geogr. Meilen = 137 626 880 Millionen km; eine Entfernung, die einem Lichtwege von 14 Jahren entspricht.) Das Aphel des Kometen von 1680 ist 44 Uranusweiten, also 28 Neptunsweiten, von der Sonne entfernt. Nach diesen Annahmen ist der Sonnenabstand des Sternes α Centauri fast 270mal größer als jenes Aphel, welches wir hier als das Minimum der sehr gewagten Schätzung von dem halben Durchmesser des Sonnengebiets betrachten (Kosmos Bd. III, S. 209). Die Angabe solcher numerischen Verhältnisse gewährt, bei geringer Anschaulichkeit, doch wenigstens den Vorteil, daß die Annahme eines sehr großen räumlichen Grundmaßes zu Resultaten führt, die in kleineren Zahlen ausgedrückt werden können.

[2] (S. 267.) „Die Sonne sei das Herz des Universums"; aus Theonis Smyrnaei Platonici liber de Astronomia ed. H. Martin 1849, p. 182 und 298: τῆς ἐμψυχίας μέσον τὸ περὶ τὸν ἥλιον, οἱονεὶ καρδίαν ὄντα τοῦ παντός, ὅθεν φέρουσιν αὐτοῦ καὶ τὴν ψυχὴν ἁρμοσαμένην διὰ παντὸς ἥκειν τοῦ σώματος τεταμένην ἀπὸ τῶν περάτων. (Diese neue Ausgabe ist merkwürdig, weil sie peripatetische Meinungen des Adrastus und viele platonische des Dercyllides vervollständigt.)

[3] (S. 269.) Nach neueren Messungen beträgt der Durchmesser der Sonne bloß das 109fache desjenigen der Erde. — (D. Herausg.)

[4] (S. 270.) „D'après l'état actuel de nos connaissances astronomiques le Soleil se compose: 1° d'un globe central à peu près obscur; 2° d'une immense couche de nuages qui est suspendue à une certaine distance de ce globe et l'enveloppe de toutes parts; 3° d'une *photosphère;* en d'autres termes d'une sphère resplendissante qui enveloppe la couche nuageuse, comme celle-ci à son tour, enveloppe le noyau obscur. L'éclipse totale du 8 juillet 1842 nous a mis sur la trace d'une troisième enveloppe, située au-dessus de la *photosphère* et formée de nuages obscurs ou faiblement lumineux. — Ce sont les *nuages* de la troisième enveloppe solaire, situés en apparence, pendant l'éclipse totale, sur le contour de l'astre ou un peu en dehors, qui ont donné lieu à ces singulières proéminences rougeâtres qui en 1842 ont si vivement excité l'attention du monde savant." Arago in dem Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1846, p. 464 und 471. Auch Sir John Herschel nimmt an: „Above the luminous surface of the Sun and the region, in which the sports reside, the existence of a gaseous atmosphere having a somewhat imperfect transparency." [Nach den bisherigen, teleskopischen Wahrnehmungen gestaltet sich das Bild des Sonnenkörpers wesentlich anders, nämlich kurz so: Um den eigentlichen Sonnenkern, in den weder das Fernrohr, noch das Spektroskop einzudringen vermag, lagert sich konzentrisch die Photosphäre über diejenige Schicht, von der hauptsächlich Licht und Wärme ausgeht, und deren äußere Begrenzung die uns gewöhnlich sichtbare Oberfläche bildet. Zunächst über derselben befindet sich eine aus glühenden Gasen und Dämpfen aller Stoffe, deren Anwesenheit auf der Sonne spektroskopisch nachgewiesen ist, bestehende Atmosphäre von sehr geringer, kaum 1500 km übersteigender Höhe. Ueber dieser Schicht breitet sich die sogenannte Chromosphäre aus, welche in ihren oberen Teilen hauptsächlich aus Wasserstoffgas besteht, in den niedrigeren mit metallischen Dämpfen gefüllt ist, und darüber hinaus die in ungeheure Entfernungen sich erstreckende Corona. — D. Herausg.]

[5] (S. 270.) Es kommt zuerst darauf an, die Stellen, auf welche ich mich im Texte beziehe und durch eine lehrreiche Schrift von Clemens (Giordano Bruno und Nikolaus von Cusa 1847, S. 10) aufmerksam geworden bin, in der Originalsprache zu geben. Der Kardinal Nikolaus von Cusa (der Familienname war Khrypffs, d. i. Krebs), gebürtig aus Cues an der Mosel, sagt in dem 12. Kapitel des zweiten Buches von dem zu seiner Zeit so berühmten Traktate De docta Ignorantia: „Neque color nigredinis est argumentum vilitatis Terrae; nam in Sole si quis esset, non appareret illa claritas quae nobis: considerato enim corpore Solis, tunc habet quandam quasi terram centraliorem, et quandam luciditatem quasi ignilem

circumferentialem, et in medio quasi aqueam nubem et aërem clariorem, quemadmodum terra ista sua elementa.“ Daneben steht: Paradoxa und Hypni: das letzte Wort soll also hier gewiß Träumereien (ἐνύπνια). etwas Gewagtes bezeichnen. — In der langen Schrift „Exercitationes ex Sermonibus Cardinalis“ finde ich wieder in einem Gleichnis: „Sicut in Sole considerari potest natura corporalis. et illa de se non est magnae virtutis (trotz der Massenanziehung oder Gravitation!) et non potest virtutem suam aliis corporibus communicare, quia non est radiosa. Et alia natura lucida illi unita, ita quod Sol ex unione utriusque naturae habet virtutem, quae sufficit huic sensibili mundo, ad vitam innovandam in vegetabilibus et animalibus, in elementis et mineralibus per suam influentiam radiosam. Sic de Christo, qui est sol justitiae .....“ Dr. Clemens glaubt, dies alles sei mehr als glückliche Ahnung. Es scheint ihm „schlechterdings unmöglich, daß ohne eine ziemlich genaue Beobachtung der Sonnenflecken, sowohl der dunklen Stellen in denselben, als der Halbschatten, Cusa sich an den angeführten Orten (*considerato corpore Solis;* in Sole considerari potest .....) auf die Erfahrung hätte berufen können“. Er vermutet, „daß der Scharfblick des Philosophen der neuesten Wissenschaft in ihren Ergebnissen vorgegriffen, und daß auf seine Ansichten Entdeckungen eingewirkt haben mögen, die erst Späteren zugeschrieben zu werden pflegen.“ Es ist allerdings nicht bloß möglich, sondern sogar recht wahrscheinlich, daß in Gegenden, wo die Sonne mehrere Monate verschleiert ist, wie während der garua im Litorale von Peru, selbst ungebildete Völker mit bloßen Augen Sonnenflecken gesehen haben; aber daß sie dieselben beachtet, beim Sonnendienst in ihre religiösen Mythen verflochten hätten, davon hat noch kein Reisender Kunde geben können. Die bloße und so seltene Erscheinung eines Sonnenfleckens, mit unbewaffnetem Auge in der niedrig stehenden oder dünn verschleierten, dann weißen, roten, vielleicht grünlichen Sonnenscheibe gesehen, würde selbst geübte Denker wohl nie auf die Vermutung mehrerer Umhüllungen des dunklen Sonnenkörpers geführt haben. Wenn der Kardinal Cusa etwas von Sonnenflecken gewußt hätte, würde er gewiß nicht unterlassen haben, bei den vielen Vergleichungen physischer und geistiger Dinge, zu denen er nur allzu geneigt ist, der maculae Solis zu erwähnen. Man erinnere sich nur des Aufsehens und bitteren Streites, welche im Anfang des 17. Jahrhunderts, gleich nach Erfindung des Fernrohrs, die Entdeckungen von Joh. Fabricius und Galilei erregten. An die dunkel ausgedrückten astronomischen Vorstellungen des Kardinals, der 1464, also neun Jahre eher starb, als Kopernikus geboren war, habe ich schon früher erinnert. — Die merkwürdige Stelle: Jam nobis manifestum est Terram in veritate moveri, steht in lib. II. cap. 12. De docta Ignorantia. Nach Cusa ist in jedem Teile des Himmelsraumes

alles bewegt; wir finden keinen Stern, der nicht einen Kreis beschriebe. „Terra non potest esse fixa, sed movetur ut aliae stellae.“ Die Erde kreist aber nicht um die Sonne, sondern Erde und Sonne kreisen, „um die ewig wechselnden Pole des Universums“. Cusa ist also kein Kopernikaner, wie dies erst das so glücklich im Hospital zu Cues aufgefundene, von des Kardinals eigener Hand 1444 geschriebene Bruchstück erweist.

[6] (S. 271.) „*Borbonia Sidera*, id est planetae qui Solis lumina circumvolitant motu proprio et regulari, falso hactenus ab helioscopis Maculae Solis nuncupati, ex novis observationibus Joannis Tarde 1620.“ — „*Austriaca Sidera* heliocyclica astronomicis hypothesibus illigata opera Caroli Malapertii Belgae Montensis e Societate Jesu 1633.“ Die letztere Schrift hat wenigstens das Verdienst, Beobachtungen von einer Reihe von Sonnenflecken zwischen 1618 und 1626 zu geben. Es sind aber dieselben Jahre, für welche Scheiner in Rom eigene Beobachtungen in seiner Rosa Ursina veröffentlichte. Der Kanonikus Tarde glaubt schon darum an Durchgänge kleiner Planeten, weil das Weltauge, „l'oeil du Monde ne peut avoir des ophthalmies!“ Es muß mit Recht wunder nehmen, daß 20 Jahre nach Tarde und seinen borbonischen Trabanten der um die Beobachtungskunst so verdiente Gascoigne noch die Sonnenflecken einer Konjunktion vieler um den Sonnenkörper in großer Nähe kreisender, fast durchscheinender, planetarischer Körper zuschrieb. Mehrere derselben, gleichsam übereinander gelegt, sollten schwarze Schattenbilder verursachen.

[7] (S. 271.) Obgleich Cassini schon 1671 und La Hire 1700 den Sonnenkörper für dunkel erklärt hatten, fährt man fort, in schätzbaren astronomischen Lehrbüchern die erste Idee dieser Hypothese dem verdienstvollen Lalande zuzuschreiben. Lalande, in der Ausgabe seiner Astronomie von 1792, T. III. § 3240, wie in der ersten von 1764, T. II. § 2515, bleibt bloß der alten Meinung von La Hire getreu, der Meinung: Que les taches sont les éminences de la masse solide et opaque du Soleil, recouverte communément (en entier) par le fluide igné. Zwischen 1769 und 1774 hat Alexander Wilson die erste richtige Ansicht einer trichterförmigen Oeffnung in der Photosphäre gehabt.

[8] (S. 271.) Alexander Wilson, Observ. on the Solar Spots in den Philos. Transact. Vol. LXIV. 1774. Part. 1. p. 6—13, Tab. 1. „I found that de Umbra, which before was equally broad all round the nucleus, appeared much contracted *on that part which lay towards the centre of the disc*, whilst the other parts of it remained nearly of the former dimensions. I perceived that the shady zone or umbra, which surrounded the nucleus, might be nothing else but the shelving sides of the luminous matter of the sun.“

[9] (S. 273.) Die hier im Texte entwickelte Theorie W. Herschels

hat heute nur noch historisches Interesse. Mit der Anwendung der Spektralanalyse, also seit 1859, dem Todesjahre A. von Humboldts, trat die Unhaltbarkeit der ihr zu Grunde liegenden Annahmen in bestimmtester Weise hervor. — [D. Herausg.]

[10] (S. 274.) Ein offizielles Zusammenstellen von Kornteuerung und vielmonatlicher Verdunkelung der Sonnenscheibe wird in den historischen Fragmenten des älteren Cato erwähnt. Luminis caligo und defectus Solis deutet bei römischen Schriftstellern, z. B. in Erzählungen über die Verbleichung der Sonne nach dem Tode des Cäsar, keineswegs immer auf eine Sonnenfinsternis. So findet sich bei Aulus Gellius: „Verba Catonis in Originum quarto haec sunt: non libet scribere, quod in tabula apud Pontificem maximum est, quotiens anona cara, quotiens lunae an solis lumini caligo, aut quid obstiterit."

[11] (S. 275.) Diese „Protuberanzen" sind seither der Gegenstand aufmerksamer und regelmäßiger Beobachtungen geworden, zumal seit dem es gelungen ist, dieselben auch außerhalb der Sonnenfinsternisse, zu jeder Zeit untersuchen zu können. Es ergab sich daraus unzweifelhaft, daß sie solare Gebilde, lokale Anhäufungen eines glühenden, gasförmigen, hauptsächlich aus Wasserstoffgas bestehenden Mittels sind, welches die ganze Sonne umhüllt und nach Norman Lockyers Vorschlag Chromosphäre benannt worden ist. — [D. Herausg.]

[12] (S. 275.) Das ist der weißliche Schein, welcher auch in der Sonnenfinsternis vom 15. Mai 1836 gesehen ward und von welchem schon damals der große Königsberger Astronom sehr richtig sagte, „daß, als die Mondscheibe die Sonne ganz verdeckte, noch ein leuchtender Ring der Sonnenatmosphäre übrig blieb".

[13] (S. 275.) „Si nous examinions de plus près l'explication d'après laquelle les protubérances rougeâtres seraient assimilées à des nuages (de la troisième enveloppe), nous ne trouverions aucun principe de physique qui nous empêchât d'admettre que des masses nuageuses de 25 à 30 000 lieues de long flottent dans l'atmosphère du Soleil, que ces masses comme certains nuages de l'atmosphère terrestre, ont des contours arrêtés, qu'elles affectent, çà et là, des formes très tourmentées, même des formes en surplomb; que la lumière solaire (la photosphère) les colore en rouge. — Si cette troisième enveloppe existe, elle donnera peut-être la clef de quelques-unes des grandes et déplorables anomalies que l'on remarque dans le cours des saisons." Arago im Annuaire pour 1846, p. 460 und 467.

[14] (S. 275.) „Tout ce qui affaiblira sensiblement l'intensité éclairante de la portion de l'atmosphère terrestre qui paraît entourer et toucher le contour circulaire du Soleil, pourra contribuer à rendre les proéminences rougeâtres visibles. Il est donc permis d'espérer qu'un astronome exercé, établi au sommet d'une très haute montagne, pourrait y

observer régulièrement les *nuages de la troisième enveloppe solaire* situés, en apparence, sur le contour de l'astre *ou un peu en dehors;* déterminer ce qu'ils ont de permanent et de variable, noter les périodes de disparition et de réapparition . . . ." Arago, a. a. O. p. 471.

[1] (S. 277.) Wenn es auch nicht zu leugnen ist, daß bei Griechen und Römern einzelne Individuen mit bloßem Auge große Sonnenflecken gesehen haben mögen, so scheint es doch gewiß, daß solche vereinzelte Beobachtungen nie griechische und römische Schriftsteller in den auf uns gekommenen Werken veranlaßt haben, der Erscheinung zu erwähnen. Die Stellen des Theophrast, des Aratus, Diosemea, und Proclus, in welchen Ideler, der Sohn, Bezeichnung von Sonnenflecken zu finden glaubte, besagen bloß, daß die Sonnenscheibe, die gutes Wetter bedeute, keine Verschiedenheit auf ihrer Oberfläche, nichts Bezeichnendes (μηδὲ τι σῆμα φέρει), sondern völlige Gleichartigkeit zeige. Das σῆμα, die scheckige Oberfläche, wird dazu ausdrücklich leichtem Gewölk, dem atmosphärischen Dunstkreise (der Scholiast des Artus sagt: der Dicke der Luft) zugeschrieben; daher ist auch immer von Morgen- und Abendsonne die Rede, weil deren Scheiben, unabhängig von allen wirklichen Sonnenflecken, als Diaphanometer, noch gegenwärtig den Ackerbauer wie den Seemann, nach einem alten, nicht zu verachtenden Glauben, über nahe bevorstehende Wetterveränderungen belehren. Die Sonnenscheibe am Horizont gibt Aufschlüsse über den Zustand der unteren, der Erdoberfläche näheren Luftschichten. — Von den im Text bezeichneten, dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sonnenflecken, welche man in den Jahren 807 und 840 fälschlich für Durchgänge des Merkur und der Venus gehalten hat, ist der erstere aufgeführt in der großen historischen Sammlung von Justus Reuberus, Veteres Scriptores (1726), und zwar in der Abteilung: Annales Regum Francorum Pipini. Karoli Magni et Ludovici a quodam ejus aetatis Astronomo. Ludovici regis domestico. conscripti. p. 58. Für den Verfasser dieser Annalen wurde zuerst ein Benediktinermönch (p. 28), später und mit Recht der berühmte Eginhard (Einhard, Karls des Großen Geheimschreiber) gehalten. Die Stelle heißt: „DCCCVII. stella Mercurii XVI kal. April. visa est in Sole qualis parva macula nigra, paululum superius medio centro ejusdem sideris, *quae a nobis* octo dies conspicata est; sed quando primum intravit vel exivit, nubibus impedientibus, minime notare potuimus." — Den von den arabischen Astronomen erwähnten sogenannten Durchgang der Venus führt Simon Assemanus in der Einleitung zum Globus caelestis Cufico-Arabicus Veliterni Musei Borgiani 1790. p. XXXVIII. auf: „Anno Hegyrae 225 regnante Almootasemo Chalifa visa est in Sole prope medium nigra quedam macula, idque feria tertia die decima nona Mensis Regebi . . . . ." Man

hielt sie für den Planeten Venus, und glaubte dieselbe macula nigra (also wohl mit Unterbrechungen von 12—13 Tagen?) 91 Tage lang gesehen zu haben. Bald darauf sei Motaßem gestorben. — Von den geschichtlichen (der populären Tradition entnommenen) Nachrichten über plötzlich eintretende Abnahme der Tageshelle will ich aus den vielen von mir gesammelten Thatsachen hier folgende 17 Beispiele anführen:

45 vor Chr. Geburt: Bei dem Tode des Julius Cäsar, nach welchem ein ganzes Jahr lang die Sonne bleich und minder wärmend war, weshalb die Luft dick, kalt und trübe blieb und die Früchte nicht gediehen.

33 nach Chr. Geb.: Todesjahr des Erlösers. „Von der sechsten Stunde an ward eine Finsternis über das ganze Land bis zu der neunten Stunde." Nach dem Evang. Lucä Kap. 23 V. 45 „verlor die Sonne ihren Schein". Eusebius führt zur Erklärung und Bestätigung eine Sonnenfinsternis der 202. Olympiade an, deren ein Chronikenschreiber, Phlegon von Tralles, erwähnt hatte. Wurm hat aber gezeigt, daß die dieser Olympiade zugehörige und in ganz Kleinasien sichtbare Sonnenfinsternis schon am 24. November des Jahres 29 nach Christi Geburt stattfand. Der Todestag fiel mit dem jüdischen Passahmahle zusammen, am 14. Nisan, und das Passah wurde immer zur Zeit des Vollmondes gefeiert. Die Sonne kann daher nicht durch den Mond drei Stunden lang verfinstert worden sein. Der Jesuit Scheiner glaubte die Abnahme des Lichtes einem Zuge großer Sonnenflecken zuschreiben zu dürfen.

358 am 22. August zweistündige Verfinsterung vor dem furchtbaren Erdbeben von Nikomedia, das auch viele andere Städte in Makedonien und am Pontus zerstörte. Die Dunkelheit dauerte zwei bis drei Stunden: nec contigua vel adposita cernebantur.

360: In allen östlichen Provinzen des römischen Reiches (per Eoos tractus) war caligo a primo aurorae exortu adusque meridiem: aber Sterne leuchteten, also wohl weder Aschenregen noch, bei der langen Dauer des Phänomens, Wirkung einer totalen Sonnenfinsternis, der es der Geschichtschreiber beimißt: „Cum lux coelestis operiretur, e mundi conspectu penitus luce abrepta, defecisse diutius solem pavidae mentes hominum aestimabant: primo attenuatum in lunae corniculantis effigiem, deinde in speciem auctum semenstrem, posteaque in integrum restitutum. Quod alias non evenit ita perspicue, nisi cum post inaequales cursus inter menstruum lunae ad idem revocatur." Die Beschreibung ist ganz die einer wirklichen Sonnenfinsternis; aber die Dauer und caligo in allen östlichen Provinzen?

409. als Alarich vor Rom erschien: Verdunkelung so, daß die Sterne bei Tage gesehen wurden.

536. Justinianus I Caesar imperavit annos triginta octo (527–565). Anno imperii nono deliquium lucis passus est Sol, quod annum integrum et duos amplius menses duravit, adeo ut parum admodum de luce ipsius appareret; dixeruntque homines Soli aliquid accidisse; quod nunquam ab eo recederet. Gregorius Abu'l-Faragius, Supplementum historiae Dynastiarum, ed. Edw. Pocock 1663, p. 94. Ein Phänomen, dem von 1783 sehr ähnlich, für das man wohl einen Namen (Höhenrauch), aber in vielen Fällen keine befriedigende Erklärung hat.

567. Justinus II annos 13 imperavit (565–578). Anno imperii ipsius secundo apparuit in coelo ignis flammans juxta polum arcticum qui annum integrum permansit; obtexeruntque tenebrae mundum ab hora diei nona noctem usque, adeo ut nemo quicquam videret; decidit que ex aëre quoddam pulveri minuto et cineri simile. Abu'l-Faragius, l. c. p. 95. Erst ein Jahr lang wie ein perpetuierlicher Nordschein (ein magnetisches Gewitter), dann Finsternis und fallender Passatstaub?

626. wieder nach Abu'l-Faragius, acht Monate lang die halbe Sonnenscheibe verfinstert geblieben.

733. Ein Jahr nachdem die Araber durch die Schlacht bei Tours über die Pyrenäen zurückgedrängt worden, ward die Sonne am 19. August auf eine schreckenerregende Weise verdunkelt.

807 ein Sonnenfleck, welchen man für den Merkur hielt.

840 vom 28. Mai bis 26. August (Assemani rechnet auffallenderweise Mai 839) der sogenannte Durchgang der Venus durch die Sonnenscheibe. (Der Kalif Al-Motaßem regierte von 834–841, wo Harun el-Watek, der neunte Kalif, ihm folgte.)

934. In der schätzbaren Historia de Portugal von Faria y Sousa 1730, p. 147 finde ich: „(En Portugal) se vió sin luz la tierra por dos meses. Avia el Sol perdido su resplandor.“ Dann öffnete sich der Himmel por fractura mit vielen Blitzen, und man hatte plötzlich den vollen Sonnenschein.

1091 am 21. September eine Verdunkelung der Sonne, welche drei Stunden dauerte; nach der Verdunkelung blieb der Sonnenscheibe eine eigene Färbung. „Fuit eclipsis Solis 11 Kal. Octob. fere tres horas: Sol circa meridiem dire nigrescebat.“ Martin Crusius, Annales Svevici, Francof. 1595, T. 1, p. 279.

1096 am 3. März Sonnenflecken, mit unbewaffnetem Auge erkannt: „Signum in Sole apparuit V. Non. Marcii feria

secunda incipientis quadragesimae.“ Joh. Staindelii, presbyteri Pataviensis, Chronicon generale.

1206 am letzten Tage des Februars nach Joaquin de Villalba vollkommene Dunkelheit während sechs Stunden: „El dia ultimo del mes de Febrero hubo un eclipse de sol que duró seis horas con tanta obscuridad como si fuera media noche. Siguiéron á este fenomeno abundantes y continuas lluvias.“ — Ein fast ähnliches Phänomen wird für Junius 1191 angeführt von Schnurrer, T. I, S. 258 und 265.

1241 fünf Monate nach der Mongolenschlacht bei Liegnitz: „Obscuratus est sol (in quibusdam locis?), et facta sunt tenebrae, ita ut stellae viderentur in coelo, circa festum S. Michaelis hora nona.“ Chronicon Claustro-Neoburgense (von Kloster-Neuburg bei Wien, die Jahre 218 nach Chr. bis 1348 enthaltend).

1547 den 23., 24. und 25. April, also einen Tag vor und einen Tag nach der Schlacht bei Mühlberg, in welcher der Kurfürst Johann Friedrich gefangen wurde. Kepler sagt in Paralipom. ad Vitellium: „Refert Gemma, pater et filius, anno 1547 ante conflictum Caroli V cum Saxoniae Duce Solem per tres dies ceu sanguine perfusum comparuisse, ut etiam stellae pleraeque in meridie conspicerentur.“ Ueber die Ursache ist er sehr zweifelhaft: „Solis lumen ob causas quasdam sublimes hebetari .... vielleicht habe gewirkt materia cometica latius sparsa Die Ursache könne nicht in unserer Atmosphäre gelegen haben, da man Sterne am Mittag gesehen.“ Schnurrer will trotz der Sterne, daß es Höhenrauch gewesen sei, weil Kaiser Karl V. vor der Schlacht sich beklagte: „Semper se nebulae densitate infestari, quoties sibi cum hoste pugnandum sit.“

[16] (S. 277.) „Fackeln“ nennt man wellenartig sich hinziehende, helle Lichtadern, welche in der Regel die Sonnenflecken umgeben. Sie bedecken eine viel größere Fläche als der Fleck selbst, den sie umgeben, einnimmt, und ihre Dimensionen sind ganz enorm. Die Fackeln sind wie die Flecken von sehr veränderlicher Natur; sie erscheinen zuweilen fast plötzlich, vergehen häufig ebenso schnell, lassen sich aber in anderen Fällen tage-, wochen-, selbst monatelang beobachten. — [D. Herausg.]

[17] (S. 278.) Schon Horrebow bedient sich desselben Ausdruckes. Das Sonnenlicht ist nach ihm „ein perpetuierlich, im Sonnendunstkreise vorgehendes Nordlicht, durch thätige magnetische Kräfte hervorgebracht.“

[18] (S. 280.) Es ist ebenfalls merkwürdig und beweisend für eine große Gleichartigkeit in der Natur des Lichtes, aus dem Centrum und aus dem Rande der Sonnenscheibe emanierend, daß

nach einem sinnreichen Versuch von Forbes, während einer Sonnenfinsternis im Jahre 1836, ein aus alleinigen Randstrahlen gebildetes Spektrum in Hinsicht auf Zahl und Lage der dunkeln Linien oder Streifen, die es durchlaufen, ganz identisch mit dem war, welches aus der Gesamtheit des Sonnenlichtes entspringt. Wenn im Sonnenlicht Strahlen von gewisser Brechbarkeit fehlen, so sind sie also wohl nicht, wie Sir David Brewster vermutet, in der Sonnenatmosphäre selbst verloren gegangen, weil die Strahlen des Randes, eine viel dickere Schicht durchschneidend, dieselben dunkeln Linien hervorbringen. Ich stelle am Ende dieser Note alles zusammen, was ich im Jahre 1847 aus Aragos Handschriften gesammelt:

„Des phénomènes de la Polarisation colorée donnent la certitude que le bord du soleil a la même intensité de lumière que le centre; car en plaçant dans le Polariscope un ségment du bord sur un ségment du centre, j'obtiens (comme effet complémentaire du rouge et du bleu) un blanc pur. Dans un corps solide (dans une boule de fer chauffée au rouge) le même angle de vision embrasse une plus grande étendue au bord qu'au centre, selon la proportion du Cosinus de l'angle: mais dans la même proportion aussi le plus grand nombre de points matériels émettent une lumière plus faible *en raison de leurs obliquité*. Le rapport de l'angle est naturellement le même pour une sphère gazeuse: mais l'obliquité ne produisant pas dans les gaz le même effet de diminution que dans les corps solides, le bord de la sphère gazeuse serait plus lumineux que le centre. Ce que nous appelons le disque lumineux du Soleil, est la Photosphère gazeuse, comme je l'ai prouvé par le manque absolu de traces de polarisation sur le bord du disque. Pour expliquer donc *l'égalité d'intensité* du bord et du centre indiquée par le Polariscope, il faut admettre une enveloppe extérieure qui diminue (éteint) moins la lumière qui vient du centre que les rayons qui viennent sur le long trajet du bord à l'oeil. Cette enveloppe extérieure forme la couronne blanchâtre dans les éclipses totales du Soleil. — La lumière qui émane des corps solides et liquides incandescens, est partiellement polarisée quand les rayons observés forment, avec la surface de sortie, un angle d'un petit nombre de degrés: mais il n'y a aucune trace sensible de polarisation lorsqu'on regarde de la même manière dans le Polariscope des gaz enflammés. Cette expérience démontre que la lumière solaire ne sort pas d'une masse solide ou liquide incandescente. La lumière ne s'engendre pas uniquement à la surface des corps; une portion nait dans leur substance même, cette substance fût-elle du platine. Ce n'est donc pas la décomposition de l'oxygène ambiant qui donne la lumière. L'émission de lumière polarisée par le fer liquide est

un effet de réfraction au passage vers un moyen d'une moindre densité. Partout où il y a réfraction, il y a production d'un peu de lumière polarisée. Les gaz n'en donnent pas, parce que leurs couches n'ont pas assez de densité. – La lune suivie pendant le cours d'une lunaison entière offre des effets de polarisation, excepté à l'époque de la pleine lune et des jours qui en approchent beaucoup. La lumière solaire trouve, surtout dans les premiers et derniers quartiers, à la surface inégale (montagneuse) de notre Satellite des inclinaisons de plans convenables pour produire la polarisation par reflexion." [Die Bemerkung, daß die Sonnenscheibe nicht gleichformig hell ist, sondern daß die Intensität des Lichtes nach dem Rande abnimmt, ward schon zu Galileis Zeiten gemacht. Was dagegen auch vorgebracht werden möge, die Abnahme ist so augenfällig, daß sie sogleich auch ohne besondere Messungen bemerkt wird, wenn man z. B. in einem dunklen Zimmer das auf einen weißen Schrein projizierte Sonnenbild betrachtet. Nach dem, was wir heute über die Konstitution der Sonne wissen, liegt die Erklärung sehr nahe und ist in nichts anderem zu suchen, als in der Absorption, welche die die leuchtende Schicht des Sonnenkörpers umgebende Atmosphäre auf die Lichtstrahlen ausübt. – D. Herausg.]

[19] (S. 280.) Es ist merkwürdig genug, daß Giordano Bruno, der acht Jahre vor Erfindung des Fernrohrs und elf Jahre vor der Entdeckung der Sonnenflecken den Scheiterhaufen bestieg, an die Rotation der Sonne um ihre Achse glaubte. Er hielt dagegen das Centrum der Sonnenscheibe für lichtschwächer als die Ränder. Er meinte, optisch getäuscht, die Scheibe sich drehen, die wirbelnden Ränder sich ausdehnen und zusammenziehen zu sehen.

[20] (S. 281.) „The most intensely ignited solids (ignited quicklime in Lieutenant Drummond's oxy-hydrogen lamp) appear only *as black spots* on the disc of the Sun when held between it and the eye. Outl. p. 236.

[21] (S. 281.) Vergl. Arages Kommentar zu Galileis Briefen an Markus Welser, wie dessen optische Erläuterungen über den Einfluß des diffusen reflektierten Sonnenlichtes der Luftschichten, welches die im Felde eines Fernrohrs am Himmelsgewölbe gesehenen Gegenstände wie mit einem Lichtschleier bedeckt; im Annuaire du Bureau des Longit. pour 1842, p. 482 bis 487.

[22] (S. 283.) Nach dem, was wir gegenwärtig von den Sonnenflecken wissen, ist ihre Verteilung über die Sonnenoberfläche keine gleichmäßige; vielmehr gibt es zwei, durch besonderen Fleckenreichtum ausgezeichnete Zonen, deren eine von den nördlichen Parallelkreisen von 10° hel. Breite und 30° hel. Br. begrenzt wird, und deren andere zwischen den entsprechenden Parallelkreisen der südlichen Hemisphäre eingeschlossen liegt. Nicht minder auffällig und ebensowenig in ihrer Ursache sicher erkannt, wie die Verteilung der

Sonnenflecken in räumlicher Beziehung, ist ihre wechselnde Häufigkeit nach der Zeit. Durch Heinrich Schwabes 46jährige Beobachtungen ist ermittelt, daß der Fleckenbestand eine etwa zehnjährige Periode habe, innerhalb welcher er von einem Minimum zu einem Maximum anwächst und wieder herabsinkt. Zugleich stellte sich ein paralleler Gang zwischen der Häufigkeit der Sonnenflecken und gewissen erdmagnetischen Erscheinungen heraus. Die mittlere tägliche Variation der Deklinationsnadel erreicht nämlich den großten Wert zu jener Zeit, in welcher die Sonnenflecken am häufigsten, den kleinsten Wert, wenn sie am seltensten sind. Neben der zehn- bis elfjährigen Periode der Häufigkeit der Sonnenflecken besteht noch eine größere 56jährige, welche je fünf jener sekundären Perioden in sich schließt, und es sind Anzeichen vorhanden, daß auch diese Periode in der Variation der magnetischen Deklination auftritt. Eine ebenso charakteristische Beziehung zu den Sonnenflecken haben die Polarlichterscheinungen; der Zusammenhang beider ist unzweifelhaft nachgewiesen, in der Weise, daß beide Erscheinungen nach größeren Perioden von nahe 56 Jahren, denen je fünf sekundäre Perioden von nahe elf Jahren untergeordnet sind, derart an Zahl und Größe wechseln, daß zur Zeit der reichsten Fleckenbildung das Polarlicht am häufigsten und großartigsten sich entwickelt und daß umgekehrt die Minima beider Erscheinungen zusammenfallen. — [D. Herausg.]

[24] (S. 284.) Was den handschriftlichen Mitteilungen von Schwabe entnommen ist, habe ich durch Anführungszeichen unterschieden. Nur die Beobachtungen der Jahre 1826—1843 waren schon in Schumachers Astronomischen Nachrichten Nr. 495, S. 235 veröffentlicht.

II.

Die Planeten.

Allgemeine vergleichende Betrachtungen über eine ganze Klasse von Weltkörpern sollen hier der Beschreibung der einzelnen Weltkörper vorangehen. Es beziehen sich diese Betrachtungen auf die 22 Hauptplaneten und 21 Monde (Trabanten oder Nebenplaneten), welche bis jetzt entdeckt worden sind, nicht auf die planetarischen Weltkörper überhaupt, unter denen die Kometen von berechneten Bahnen schon zehnmal zahlreicher sind. Die Planeten haben im ganzen eine schwache Scintillation, weil sie von reflektiertem Sonnenlichte leuchten und ihr planetarisches Licht aus Scheiben emaniert (Kosmos Bd. III, S. 60). In dem aschfarbenen Lichte des Mondes, wie in dem roten Lichte seiner verfinsterten Scheibe, welches besonders intensiv zwischen den Wendekreisen gesehen wird, erleidet das Sonnenlicht für den Beobachter auf der Erde eine zweimalige Aenderung seiner Richtung. Daß die Erde und andere Planeten, wie zumal einige merkwürdige Erscheinungen auf dem der Sonne nicht zugekehrten Teile der Venus beweisen, auch einer eigenen, schwachen Lichtentwickelung fähig seien, ist schon an einem anderen Orte erinnert worden.

Wir betrachten die Planeten nach ihrer Zahl, nach der Zeitfolge ihrer Entdeckung, nach ihrem Volum, unter sich oder mit ihren Abständen von der Sonne verglichen, nach ihren relativen Dichtigkeiten, Massen, Rotationszeiten, Exzentrizitäten, Achsenneigungen und charakteristischer Verschiedenheit diesseits und jenseits der Zone der kleinen Planeten. Bei diesen Gegenständen vergleichender Betrachtung ist es der Natur dieses Werkes angemessen, einen besonderen Fleiß auf die Auswahl der numerischen Verhältnisse zu verwenden, welche zu der Epoche, in der diese Blätter erscheinen, für die genauesten, d. h. für die Resultate der neuesten und sichersten Forschungen, gehalten werden.

a. Hauptplaneten.

1) Zahl und Epoche der Entdeckung. — Von den sieben Weltkörpern, welche seit dem höchsten Altertume durch ihre stets veränderte relative Entfernung untereinander von den, gleiche Stellung und gleiche Abstände scheinbar bewahrenden, funkelnden Sternen des Fixsternhimmels (Orbis inerrans) unterschieden worden sind, zeigen sich nun fünf: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, sternartig, (quinque *stellae* errantes. Die Sonne und der Mond blieben, da sie große Scheiben bilden, auch wegen der größeren Wichtigkeit, die man infolge religiöser Mythen an sie knüpfte, gleichsam von den übrigen abgesondert. So kannten nach Diodor (II, 30) die Chaldäer nur 5 Planeten; auch Plato, wo er im Timäus nur einmal der Planeten erwähnt, sagt ausdrücklich: „Um die im Centrum des Kosmos ruhende Erde bewegen sich der Mond, die Sonne und fünf andere Sterne, welchen der Name Planeten beigelegt wird, das Ganze also in 7 Umgängen." Ebenso werden in der alten pythagoreischen Vorstellung vom Himmelsgebäude nach Philolaus unter den 10 göttlichen Körpern, welche um das Centralfeuer (den Weltherd, ἑστία) kreisen, „unmittelbar unter dem Fixsternhimmel" die fünf Planeten genannt; ihnen folgten dann Sonne, Mond, Erde und die ἀντίχθων (die Gegenerde). Selbst Ptolemäus redet immer nur noch von 5 Planeten. Die Aufzählung der Reihen von 7 Planeten, wie sie Julius Firmicus unter die Dekane verteilt, wie sie der von mir an einem anderen Orte untersuchte Tierkreis des Bianchini (wahrscheinlich aus dem 3. Jahrhundert nach Chr.) darstellt und sie ägyptische Monumente aus den Zeiten der Cäsaren enthalten, gehört nicht der alten Astronomie, sondern den späteren Epochen an, in welchen die astrologischen Träumereien sich überall verbreitet hatten. Daß der Mond in die Reihe der 7 Planeten gesetzt ward, muß uns nicht wundern, da von den Alten, wenn man eine denkwürdige Attraktionsansicht des Anaxagoras (Kosmos Bd. II, S. 240 und 340, Anm. 190) ausnimmt, fast nie seiner näheren Abhängigkeit von der Erde gedacht wird. Dagegen sind nach einer Meinung über den Weltbau, welche Vitruvius und Martianus Capella anführen, ohne ihren Urheber zu nennen, Merkur und Venus, die wir untere Planeten nennen, Satelliten der selbst um die Erde kreisenden Sonne. Ein solches System ist mit ebensowenig Grund ein ägyptisches

zu nennen als mit den Ptolemäischen Epicykeln oder der Tychonischen Weltansicht zu verwechseln.

Die Namen, durch welche die sternartigen 5 Planeten bei den alten Völkern bezeichnet wurden, sind zweierlei Art: Götternamen, oder bedeutsame beschreibende, von physischen Eigenschaften hergenommene. Was ursprünglich davon den Chaldäern oder den Aegyptern angehöre, ist nach den Quellen, die bisher haben benutzt werden können, um so schwerer zu entscheiden, als die griechischen Schriftsteller uns nicht die ursprünglichen, bei anderen Völkern gebräuchlichen Namen, sondern nur in das Griechische übertragene, nach der Individualität ihrer Ansichten gemodelte Aequivalente darbieten. Was die Aegypter früher als die Chaldäer besessen, ob diese bloß als begabte Schüler der ersteren auftreten, berührt die wichtigen, aber dunklen Probleme der ersten Gesittung des Menschengeschlechtes, die Anfänge wissenschaftlicher Gedankenentwickelung am Nil oder am Euphrat. Man kennt die ägyptischen Benennungen der 36 Dekane, aber die ägyptischen Namen der Planeten sind uns, bis auf einen oder zwei, nicht erhalten. [7]

Auffallend ist es, daß Plato und Aristoteles sich nur der göttlichen Namen für die Planeten, die auch Diodor nennt, bedienen, während später, z. B. in dem dem Aristoteles fälschlich zugeschriebenen Buche De Mundo schon ein Gemisch von beiden Arten der Benennungen, der göttlichen und der beschreibenden (expressiven), sich findet, φαίνων für Saturn, στίλβων für Merkur, πυρόεις für Mars. [8] Wenn dem Saturn, dem äußersten der damals bekannten Planeten, sonderbar genug, wie Stellen aus dem Kommentar des Simplicius (p. 122) zum 8. Aristotelischen Buche De Coelo, aus Hygin, Diodor und Theon dem Smyrnäer beweisen, die Benennung Sonne beigelegt ward, so war es gewiß nur seine Lage und die Länge seines Umlaufes, was ihn zum Herrscher der anderen Planeten erhob. Die beschreibenden Benennungen, so alt und chaldäisch sie zum Teil auch sein mögen, fanden sich bei griechischen und römischen Schriftstellern, doch erst recht häufig in der Zeit der Cäsaren. Ihre Verbreitung hängt mit dem Einfluß der Astrologie zusammen. Die Planetenzeichen sind, wenn man die Scheibe der Sonne und die Mondsichel auf ägyptischen Monumenten abrechnet, sehr neuen Ursprungs, nach Letronnes Untersuchungen [9] sollen sie sogar nicht älter als das 10. Jahrhundert sein. Selbst auf Steinen mit gnosti-

schen Inschriften findet man sie nicht. Späte Abschreiber haben sie aber gnostischen und alchimistischen Handschriften beigefügt, fast nie den ältesten Handschriften griechischer Astronomen, des Ptolemäus, des Theon oder des Cleomedes. Die frühesten Planetenzeichen, von denen einige (Jupiter und Mars), wie Salmasius mit gewohntem Scharfsinn gezeigt, aus Buchstaben entstanden sind, waren sehr von den unserigen verschieden; die jetzige Form reicht kaum über das 15. Jahrhundert hinaus. Unbezweifelt ist es und durch eine dem Proclus (Ad Tim. ed. Basil. p. 14) von Olympiodor entlehnte Stelle, wie auch durch ein spätes Scholion zum Pindar (Isthm. V, 2) erwiesen, daß die symbolisierende Gewohnheit, gewisse Metalle den Planeten zu weihen, schon neuplatonischen alexandrinischen Vorstellungen des 5. Jahrhunderts zugehört. (Vergl. Olympiod. Comment. in Aristot. Metereol. cap. 7, 3 in Idelers Ausgabe der Metereol. T. II, p. 163; auch T. I, p. 199 und 251.)

Wenn sich die Zahl der sichtbaren Planeten nach der frühesten Einschränkung der Benennung auf 5, später mit Hinzufügung der großen Scheiben der Sonne und des Mondes auf 7 belief, so herrschten doch auch schon im Altertum Vermutungen, daß außer diesen sichtbaren Planeten noch andere, lichtschwächere, ungesehene, vorhanden wären. Diese Meinung wird von Simplicius als eine aristotelische bezeichnet. „Es sei wahrscheinlich, daß solche dunkle Weltkörper, die sich um das gemeinsame Centrum bewegen, bisweilen Mondfinsternisse so gut als die Erde veranlassen.“ Artemidorus aus Ephesus, den Strabo oft als Geographen anführt, glaubte an unzählige solcher dunkeln kreisenden Weltkörper. Das alte ideale Wesen, die Gegenerde (ἀντίχθων) der Pythagoreer, gehört aber nicht in den Kreis dieser Ahnungen. Erde und Gegenerde haben eine parallele, konzentrische Bewegung, und die Gegenerde, ersonnen, um sich der planetarisch in 24 Stunden um das Centralfeuer bewegenden Erde die Rotationsbewegung zu ersparen, ist wohl nur die entgegengesetzte Halbkugel, die Antipodenhälfte unseres Planeten.

Wenn man von den jetzt bekannten 43 Haupt- und Nebenplaneten, dem Sechsfachen von den dem Altertum bekannten planetarischen Weltkörpern, chronologisch, nach der Zeitfolge ihrer Entdeckung, die 36 Gegenstände absondert, welche seit der Erfindung der Fernröhren erkannt worden sind, so erhält man für das 17. Jahrhundert neun, für das 18. Jahr-

hundert wieder neun, für das halbe 19. Jahrhundert achtzehn neu entdeckte.

Zeitfolge der planetarischen Entdeckungen (Haupt- und Nebenplaneten) seit der Erfindung des Fernrohres im Jahre 1608.

A. Das siebzehnte Jahrhundert.

Vier Jupiterstrabanten: Simon Marius zu Ansbach 29. Dezember 1609, Galilei 7. Januar 1610 zu Padua;
Dreigestaltung des Saturn: Galilei November 1610; Hevelius, Ansicht von zwei Seitenstäben 1656; Huygens, endliche Erkenntnis der wahren Gestalt des Ringes 17. Dezember 1657;
der 6. Saturnstrabant (Titan): Huygens am 25. März 1655;
der 8. Saturnstrabant (der äußerste, Japetus): Dominikus Cassini Oktober 1671;
der 5. Saturnstrabant (Rhea): Cassini 23. Dezember 1672;
der 3. und 4. Saturnstrabant (Thetis und Dione): Cassini Ende März 1684.

B. Das achtzehnte Jahrhundert.

Uranus: William Herschel 13. März 1781 zu Bath;
der 2. und 4. Uranustrabant: William Herschel 11. Januar 1787;
der 1. Saturnstrabant (Mimas): William Herschel 28. August 1789;
der 2. Saturnstrabant (Enceladus): William Herschel 17. September 1789;
der 1. Uranustrabant: William Herschel 18. Januar 1790;
der 5. Uranustrabant: William Herschel 9. Februar 1790;
der 6. Uranustrabant: William Herschel 28. Februar 1794;
der 3. Uranustrabant: William Herschel 26. März 1794.

C. Das neunzehnte Jahrhundert.

Ceres*: Piazzi zu Palermo 1. Januar 1801;
Pallas*: Olbers zu Bremen 28. März 1802;
Juno*: Harding zu Lilienthal 1. September 1804;
Vesta*: Olbers zu Bremen 29. März 1807.
(38 Jahre lang keine planetarische Entdeckung.)
Asträa*: Hencke zu Driesen 8. Dezember 1845;
Neptun*: Galle zu Berlin 23. September 1846;
der 1. Neptunstrabant: W. Lassell zu Starfield bei Liverpool; November 1846 Bond zu Cambridge (V. St.);
Hebe*: Hencke zu Driesen 1. Juli 1847;
Iris*: Hind zu London 13. August 1847;
Flora*: Hind zu London 18. Oktober 1847;
Metis*: Graham zu Markree-Castle 25. April 1848;
der 7. Saturnstrabant (Hyperion): Bond in Cambridge (V. St.) 16. bis 19. September 1848, Lassell zu Liverpool 19. bis 20. September 1848;

Hygiea*: de Gasparis zu Neapel 12. April 1849;
Parthenope*: de Gasparis zu Neapel 11. Mai 1850;
der 2. Neptunstrabant: Lassell zu Liverpool 14. August 1850;
Viktoria*: Hind zu London 13. September 1850;
Egeria*: de Gasparis zu Neapel 2. November 1850;
Irene*: Hind zu London 19. Mai 1851 und de Gasparis zu Neapel 23. Mai 1851.

Es sind in dieser chronologischen Uebersicht die Hauptplaneten von den Nebenplaneten oder Trabanten (Satelliten) durch größere Lettern unterschieden, ein Sternchen ist der Klasse von Hauptplaneten beigefügt, welche eine eigene und sehr ausgedehnte Gruppe, gleichsam einen Ring von 33 Mill. geogr. Meilen (245 Mill. km) Breite, zwischen Mars und Jupiter bilden, und gewöhnlich kleine Planeten, auch wohl teleskopische, Koplaneten, Asteroiden oder Planetoiden, genannt werden. Von diesen sind 4 in den ersten 7 Jahren dieses Jahrhunderts und 10 in den letztverflossenen 6 Jahren aufgefunden worden, was minder der Vorzüglichkeit der Fernröhren als dem Fleiß und Geschick der Suchenden, wie besonders den verbesserten und mit Fixsternen 9. und 10. Größe bereicherten Sternkarten zuzuschreiben ist. Man erkennt jetzt leichter das Bewegte zwischen dem Unbewegten (s. oben S. 109). Die Zahl der Hauptplaneten ist genau verdoppelt, seitdem der erste Band des Kosmos erschienen ist. So überschnell ist die Folge der Entdeckungen gewesen, die Erweiterung und Vervollkommnung der Topographie des Planetensystems.

2) Verteilung der Planeten in zwei Gruppen. — Wenn man in dem Sonnengebiete die Region der kleinen Planeten zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter, doch der ersteren im ganzen mehr genähert, als eine scheidende Zone räumlicher Abteilung betrachtet, gleichsam als eine mittlere Gruppe, so bieten, wie schon früher bemerkt worden ist, die der Sonne näheren, inneren Planeten (Merkur, Venus, Erde und Mars) manche Aehnlichkeiten unter sich und Kontraste mit den äußeren, der Sonne ferneren, jenseits der scheidenden Zone gelegenen Planeten (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) dar. Die mittlere dieser drei Gruppen füllt kaum die Hälfte des Abstandes der Marsbahn von der Jupitersbahn aus. In dem Raume zwischen den zwei großen Hauptplaneten Mars und Jupiter ist der dem Mars nähere Teil bisher am reichsten gefüllt; denn wenn

man in der Zone, welche die Asteroiden einnehmen, die äußersten, Flora und Hygiea, in Betrachtung zieht, so findet man, daß Jupiter mehr denn dreimal weiter von Hygiea absteht als Flora vom Mars. Diese mittlere Planetengruppe hat den abweichendsten Charakter, durch ihre ineinander verschlungenen, stark geneigten und exzentrischen Bahnen, durch die beträchtliche Kleinheit ihrer Planeten. Die Neigung der Bahnen gegen die Ekliptik steigt bei Juno auf 13° 3′, bei Hebe auf 14° 47′, bei Egeria auf 16° 33′, bei Pallas gar auf 34° 37′, während sie in derselben mittleren Gruppe bei Asträa bis 5° 19′, bei Parthenope bis 4° 37′, bei Hygiea bis 3° 47′ herabsinkt. Die sämtlichen Bahnen der kleinen Planeten mit Neigungen geringer als 7° sind, vom Großen zum Kleinen übergehend, die von Flora, Metis, Iris, Asträa, Parthenope und Hygiea. Keine dieser Bahnneigungen erreicht indes an Kleinheit die von Venus, Saturn, Mars, Neptun, Jupiter und Uranus. Die Exzentrizitäten übertreffen teilweise noch die des Merkur (0,206); denn Juno, Pallas, Iris und Viktoria haben 0,255, 0,239, 0,232 und 0,218, während Ceres (0,076), Egeria (0,086) und Vesta (0,089) weniger exzentrische Bahnen haben als Mars (0,093), ohne jedoch die übrigen Planeten (Jupiter, Saturn, Uranus) in den angenäherten Kreisförmigkeiten zu erreichen. Der Durchmesser der teleskopischen Planeten ist fast unmeßbar klein, und nach Beobachtungen von Lamont in München und Mädler im Dorpater Refraktor ist es wahrscheinlich, daß der größte der kleinen Planeten aufs höchste 145 geogr. Meilen (1020 km) im Durchmesser hat; das ist $\frac{1}{5}$ des Merkur und $\frac{1}{12}$ der Erde.

Nennen wir die 4 der Sonne näheren Planeten zwischen dem Ringe der Asteroiden (der kleinen Planeten) und dem Centralkörper gelegen, innere Planeten, so zeigen sie sich alle von mäßiger Größe, dichter, ziemlich gleich und dabei langsam um ihre Achsen rotierend (in fast 24stündiger Umdrehungszeit), minder abgeplattet und bis auf einen (die Erde) gänzlich mondlos. Dagegen sind die 4 äußeren, sonnenferneren Planeten, die zwischen dem Ringe der Asteroiden und den uns unbekannten Extremen des Sonnengebietes gelegenen, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, mächtig größer, 5mal undichter, mehr als 2mal schneller in der Rotation um die Achse, stärker abgeplattet und mondreicher im Verhältnis von 20 : 1. Die inneren Planeten sind alle kleiner als die Erde (Merkur und Mars $\frac{3}{5}$ und $\frac{1}{2}$mal kleiner im Durch-

messer), die äußeren Planeten sind dagegen 4,2 bis 11,2mal größer als die Erde. Die Dichtigkeit der Erde = 1 gesetzt, sind die Dichtigkeiten der Venus und des Mars bis auf weniger als $^1/_{10}$ damit übereinstimmend, auch die Dichtigkeit des Merkur (nach Encke aufgefundener Merkursmasse) ist nur wenig größer. Dagegen übersteigt keiner der äußeren Planeten die Dichtigkeit $^1/_4$; Saturn ist sogar nur $^1/_7$, fast nur halb so undicht als die übrigen äußeren Planeten und als die Sonne. Die äußeren Planeten bieten dazu das einzige Phänomen des ganzen Sonnensystems, das Wunder eines seinen Hauptplaneten frei umschwebenden festen Ringes, dar; auch Atmosphären, welche durch die Eigentümlichkeit ihrer Verdickungen sich unserem Auge als veränderliche, ja im Saturn bisweilen als unterbrochene Streifen darstellen.

Obgleich bei der wichtigen Verteilung der Planeten in zwei Gruppen von inneren und äußeren Planeten gewisse Eigenschaften der absoluten Größe, der Dichtigkeit, der Abplattung, der Geschwindigkeit in der Rotation, der Mondlosigkeit sich als abhängig von den Abständen, d. i. von ihren halben großen Bahnachsen zeigen, so ist diese Abhängigkeit in jeder einzelnen dieser Gruppen keineswegs zu behaupten. Wir kennen bisher, wie ich schon früher bemerkt, keine innere Notwendigkeit, kein mechanisches Naturgesetz, das (wie das schöne Gesetz, welches die Quadrate der Umlaufszeiten an die Würfel der großen Achsen bindet) die obengenannten Elemente für die Reihenfolge der einzelnen planetarischen Weltkörper jeder Weltgruppe in ihrer Abhängigkeit von den Abständen darstellte. Wenn der der Sonne nächste Planet, Merkur, der dichteste, ja 6 oder 8mal dichter als einzelne der äußeren Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, ist, so zeigt sich doch die Reihenfolge bei Venus, Erde und Mars, oder bei Jupiter, Saturn und Uranus als sehr unregelmäßig. Die absoluten Größen sehen wir, wohl im allgemeinen, wie schon Kepler bemerkt (Harmonice mundi V, 4, p. 194, Kosmos Bd. I, S. 268), aber nicht einzeln betrachtet, mit den Abständen wachsen. Mars ist kleiner als die Erde, Uranus kleiner als Saturn, Saturn kleiner als Jupiter, und dieser folgt unmittelbar auf eine Schar von Planeten, welche wegen ihrer Kleinheit fast unmeßbar sind. Die Rotationszeit nimmt im allgemeinen freilich mit der Sonnenferne zu, aber sie ist bei Mars wieder langsamer als bei der Erde, bei Saturn langsamer als bei Jupiter.

Die Welt der Gestaltungen, ich wiederhole es, kann in der Aufzählung räumlicher Verhältnisse nur geschildert werden als etwas Thatsächliches, als etwas Daseiendes (Wirkliches) in der Natur, nicht als Gegenstand intellektueller Schlußfolge, schon erkannter ursachlicher Verkettung. Kein allgemeines Gesetz ist hier für die Himmelsräume aufgefunden, so wenig als für die Erdräume in der Lage der Kulminationspunkte der Bergketten oder in der Gestaltung der einzelnen Umrisse der Kontinente. Es sind Thatsachen der Natur, hervorgegangen aus dem Konflikt vielfacher, unter uns unbekannt gebliebener Bedingungen wirkender Wurf- und Anziehungskräfte. Wir treten hier mit gespannter und unbefriedigter Neugier in das dunkle Gebiet des Werdens. Es handelt sich hier, im eigentlichsten Sinne des so oft gemißbrauchten Wortes, um Weltbegebenheiten, um kosmische Vorgänge in für uns unmeßbaren Zeiträumen. Haben sich die Planeten aus kreisenden Ringen dunstförmiger Stoffe gebildet, so muß die Materie, als sie sich nach dem Vorherrschen einzelner Attraktionspunkte zu ballen begann, eine unabsehbare Reihe von Zuständen durchlaufen sein, um bald einfache, bald verschlungene Bahnen, Planeten von so verschiedener Größe, Abplattung und Dichte, mondlose und mondreiche, ja in einen festen Ring verschmolzene Satelliten zu bilden. Die gegenwärtige Form der Dinge und die genaue numerische Bestimmung ihrer Verhältnisse hat uns bisher nicht zur Kenntnis der durchlaufenen Zustände führen können, nicht zu klarer Einsicht in die Bedingungen, unter denen sie entstanden sind. Diese Bedingungen dürfen aber darum nicht zufällig heißen, wie dem Menschen alles heißt, was er noch nicht genetisch zu erklären vermag.

3) Absolute und scheinbare Größe, Gestaltung. — Der Durchmesser des größten aller Planeten, Jupiters, ist 30mal so groß als der Durchmesser des kleinsten der sicher bestimmten Planeten, Merkurs; fast 11mal so groß als der Durchmesser der Erde. Beinahe in demselben Verhältnis steht Jupiter zur Sonne. Die Durchmesser beider sind nahe wie 1 : 10. Man hat vielleicht irrig behauptet, der Größenabstand der Meteorsteine, die man geneigt ist für kleine planetarische Körper zu halten, zur Vesta, welche nach einer Messung von Mädler 66 geogr. Meilen (482 km) im Durchmesser, also 80 Meilen (594 km) weniger hat wie Pallas nach Lamont, sei nicht bedeutender als der Größenabstand der Vesta zur

Sonne. Nach diesem Verhältnisse mußte es Meteorsteine von 517 Fuß (168 m) im Durchmesser geben. Feuerkugeln haben, solange sie scheibenartig erscheinen, allerdings bis 2600 Fuß (845 m) Durchmesser.

Die Abhängigkeit der Abplattung von der Umdrehungsgeschwindigkeit zeigt sich am auffallendsten in der Vergleichung der Erde als eines Planeten der *inneren* Gruppe (Rot. $23^h\,56'$, Abpl. $^1/_{299}$) mit den äußeren Planeten Jupiter (Rot. $10^h\,55'$, Abpl. nach Arago $^1/_{17}$, nach John Herschel $^1/_{15}$) und Saturn (Rot. $10^h\,29'$, Abpl. $^1/_{10}$). Aber Mars, dessen Rotation sogar noch 41 Minuten *langsamer* ist als die Rotation der Erde, hat, wenn man auch ein viel schwächeres Resultat als das von William Herschel annimmt, doch immer sehr wahrscheinlich eine viel *größere* Abplattung. Liegt der Grund dieser Anomalie, insofern die Oberflächengestalt des elliptischen Sphäroids der Umdrehungsgeschwindigkeit entsprechen soll, in der Verschiedenheit des Gesetzes der zunehmenden Dichtigkeiten aufeinander liegender Schichten gegen das Centrum hin? oder in dem Umstand, daß die flüssige Oberfläche einiger Planeten früher erhärtet ist, als sie die ihrer Rotationsgeschwindigkeit zugehörige Figur haben annehmen können? Von der Gestaltung der Abplattung unseres Planeten hängen, wie die theoretische Astronomie beweist, die wichtigen Erscheinungen des Zurückweichens des Aequinoktialpunkte oder des scheinbaren Vorrückens der Gestirne (*Präzession*), die der *Nutation* (Schwankung der Erdachse) und der Veränderung der *Schiefe der Ekliptik* ab.

Die absolute Größe der Planeten und ihre Entfernung von der Erde bestimmen ihren scheinbaren Durchmesser. Der *absoluten* (wahren) *Größe* nach haben wir die Planeten, von den kleineren zu den größeren übergehend, also zu reihen:

die in ihren Bahnen verschlungenen kleinen Planeten,
deren größte Pallas und Vesta zu sein scheinen,
Merkur,
Mars,
Venus,
Erde,
*
Neptun,
Uranus,
Saturn,
Jupiter.

In der mittleren Entfernung von der Erde hat Jupiter einen scheinbaren Aequatorialdurchmesser von 38,4", wenn derselbe bei der, der Erde an Größe ungefähr gleichen Venus, ebenfalls in mittlerer Entfernung, nur 16,9", bei Mars 5,8" ist. In der unteren Konjunktion wächst aber der scheinbare Durchmesser der Scheibe der Venus bis 62", wenn der des Jupiter in der Opposition nur eine Vergrößerung bis 46" erreicht. Es ist hier notwendig, zu erinnern, daß der Ort in der Bahn der Venus, an welchem sie uns im hellsten Lichte erscheint, zwischen ihre untere Konjunktion und ihre größte Digression von der Sonne fällt, weil da die schmale Lichtsichel wegen der größten Nähe zu der Erde das intensivste Licht gibt. Im Mittel erscheint Venus am herrlichsten leuchtend, ja in Abwesenheit der Sonne Schatten werfend, wenn sie 40° östlich oder westlich von der Sonne entfernt ist, dann beträgt ihr scheinbarer Durchmesser nur an 40" und die größte Breite der beleuchteten Phase kaum 10".

Scheinbarer Durchmesser von 7 Planeten:

Merkur	in mittl. Entfernung	6,7"	(oszilliert von	4,4—12")
Venus	„ „ „	16,9"	(„ „	9,5—62")
Mars	„ „ „	5,8"	(„ „	3,3—23")
Jupiter	„ „ „	38,4"	(„ „	30—46")
Saturn	„ „ „	17,1"	(„ „	15—20")
Uranus	„ „ „	3,9"		
Neptun	„ „ „	2,7"		

Das Volumen der Planeten im Verhältnis zur Erde ist bei

Merkur	wie	1 : 16,7
Venus	„	1 : 1,05
Erde	„	1 : 1
Mars	„	1 : 7,14
Jupiter	„	1414 : 1
Saturn	„	735 : 1
Uranus	„	82 : 1
Neptun	„	108 : 1

während das Volum der Sonne zu dem der Erde = 1 407 124 zu 1 ist. Kleine Aenderungen der Messungen des Durchmessers vergrößern die Angaben der Volumina im Verhältnis des Kubus.

Die ihren Ort verändernden, den Anblick des gestirnten

Himmels anmutig belebenden Planeten wirken gleichzeitig auf uns durch die Größe ihrer Scheiben und ihre Nähe, durch Farbe des Lichtes, durch Scintillation, die einigen Planeten in gewissen Lagen nicht ganz fremd ist; durch die Eigentümlichkeit, mit der ihre verschiedenartigen Oberflächen das Sonnenlicht reflektieren. Ob eine schwache Lichtentwicklung in den Planeten selbst die Intensität und Beschaffenheit ihres Lichtes modifiziere, ist ein noch zu lösendes Problem.

4) Reihung der Planeten und ihre Abstände von der Sonne. — Um das bisher entdeckte Planetensystem als ein Ganzes zu umfassen und in seinen mittleren Abständen von dem Centralkörper, der Sonne, darzustellen, liefern wir die nachfolgende Tabelle, in welcher, wie es immer in der Astronomie gebräuchlich gewesen, die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne (20682000 geogr. Meilen [14864 Mill. km nach Foucault]) zur Einheit angenommen ist. Wir fügen später bei den einzelnen Planeten die größten und kleinsten Entfernungen von der Sonne im Aphel und Perihel hinzu, je nachdem der Planet in der Ellipse, deren Brennpunkt die Sonne einnimmt, sich in demjenigen Endpunkte der großen Achse (Apsidenlinie) befindet, welcher dem Brennpunkt am fernsten oder am nächsten ist. Unter der mittleren Entfernung von der Sonne, von welcher hier allein die Rede ist, wird das Mittel aus der größten und kleinsten Entfernung, oder die halbe große Achse der Planetenbahn, verstanden. Auch ist zu bemerken, daß die numerischen Data hier wie bisher, und so auch im folgenden, größtenteils aus Hansens sorgfältiger Zusammenstellung der Planetenelemente in Schumachers Jahrbuch für 1836 entnommen sind. Wo die Data sich auf Zeit beziehen, gelten sie bei den älteren und größeren Planeten für das Jahr 1800, bei Neptun aber für 1851, mit Benutzung des Berliner astronomischen Jahrbuchs von 1853. Die weiter unten folgende Zusammenstellung der kleinen Planeten, deren Mitteilung ich der Freundschaft des Dr. Galle verdanke, bezieht sich durchgängig auf neuere Epochen.

Abstände der Planeten von der Sonne:

Merkur	0,38709
Venus	,072333
Erde	1,00000
Mars	1,52369

Kleine Planeten:

Flora	2,202
Viktoria	2,335
Vesta	2,372
Iris	2,385
Metis	2,386
Hebe	2,425
Parthenope	2,448
Irene	2,553
Asträa	2,577
Egeria	2,579
Juno	2,669
Ceres	2,768
Pallas	2,773
Hygiea	3,151
Jupiter	5,20277
Saturn	9,53885
Uranus	19,18239
Neptun	30,03628

Die einfache Beobachtung der sich von Saturn und Jupiter bis Mars und Venus schnell vermindernden Umlaufszeiten hatte, bei der Annahme, daß die Planeten an bewegliche Sphären geheftet seien, sehr früh auf Ahnungen über die Abstände dieser Sphären voneinander geführt. Da unter den Griechen vor Aristarch von Samos und der Errichtung des alexandrinischen Museums von methodisch angestellten Beobachtungen und Messungen keine Spur zu finden ist, so entstand eine große Verschiedenheit in den Hypothesen über die Reihung der Planeten und ihrer relativen Abstände; sei es, wie nach dem am meisten herrschenden Systeme, über die Abstände von der im Centrum ruhenden Erde, oder, wie bei den Pythagoreern, über die Abstände von dem Herd des Weltalls, der Hestia. Man schwankte besonders in der Stellung der Sonne, d. h. in ihrer relativen Lage gegen die unteren Planeten und den Mond.[1] Die Pythagoreer, denen Zahl die Quelle der Erkenntnis, die Wesenheit der Dinge war, wandten ihre Zahlentheorie, die alles verschmelzende Lehre der Zahlenverhältnisse auf die geometrische Betrachtung der früh erkannten 5 regelmäßigen Körper, auf die musikalischen Intervalle der Töne, welche die Akkorde bestimmen und verschiedene Klanggeschlechter bilden, ja auf den Welten-

bau selbst an, ahnend, daß die bewegten, gleichsam schwingenden, Klangwellen erregenden Planeten nach den harmonischen Verhältnissen ihrer räumlichen Intervalle eine Sphärenmusik hervorrufen müßten. „Diese Musik," setzten sie hinzu, „würde dem menschlichen Ohre vernehmbar sein, wenn sie nicht, eben darum weil sie perpetuierlich ist, und weil der Mensch von Kindheit auf daran gewöhnt ist, überhört würde."[12] Der harmonische Teil der pythagoreischen Zahlenlehre schloß sich so der figürlichen Darstellung des Kosmos an, ganz im Sinne des platonischen Timäus; denn „die Kosmogonie ist dem Plato das Werk der von der Harmonie zustande gebrachten Vereinigung entgegengesetzter Urgründe". Er versucht sogar in einem anmutigen Bilde die Welttöne zu versinnlichen, indem er auf jede der Planetensphären eine Sirene setzt, die, von den ernsten Töchtern der Notwendigkeit, den drei Mören, unterstützt, die ewige Umkreisung der Weltspindel fördern.[13] Eine solche Darstellung der Sirenen, an deren Stelle bisweilen als Himmelssängerinnen die Musen treten, ist uns in antiken Kunstdenkmälern, besonders in geschnittenen Steinen, mehrfach erhalten. Im christlichen Altertume, wie im ganzen Mittelalter, von Basilius dem Großen an bis Thomas von Aquino und Petrus Alliacus, wird der Harmonie der Sphären noch immer, doch meist tadelnd, gedacht.[14]

Am Ende des 16. Jahrhunderts erwachten in dem phantasiereichen Kepler wieder alle pythagoreischen und platonischen Weltansichten, gleichzeitig die geometrischen wie die musikalischen. Kepler baute, nach seinen naturphilosophischen Phantasieen, das Planetensystem erst in dem Mysterium cosmographicum nach der Norm der 5 regulären Körper, welche zwischen die Planetensphären gelegt werden können, dann in der Harmonice Mundi nach den Intervallen der Töne auf. Von der Gesetzlichkeit in den relativen Abständen der Planeten überzeugt, glaubte er das Problem durch eine glückliche Kombination seiner früheren und späteren Ansichten gelöst zu haben. Auffallend genug ist es, daß Tycho de Brahe, den wir sonst immer so streng an die wirkliche Beobachtung gefesselt finden, schon vor Kepler die von Rothmann bestrittene Meinung geäußert hatte, daß die kreisenden Weltkörper die Himmelsluft (was wir jetzt das widerstehende Mittel nennen) zu erschüttern vermöchten, um Töne zu erzeugen. Die Analogieen der Tonverhältnisse mit den

Abständen der Planeten, denen Kepler so lange und so mühsam nachspürte, blieben aber, wie mir scheint, bei dem geistreichen Forscher ganz in dem Bereich der Abstraktionen. Er freut sich, zu größerer Verherrlichung des Schöpfers, in den räumlichen Verhältnissen des Kosmos musikalische Zahlenverhältnisse entdeckt zu haben; er läßt, wie in dichterischer Begeisterung, „Venus zusammen mit der Erde in der Sonnenferne Dur, in der Sonnennähe Moll spielen, ja, der höchste Ton des Jupiter und der Venus müssen im Mollakkord zusammentreffen". Trotz aller dieser so häufig gebrauchten und doch nur symbolisierenden Ausdrücke sagt Kepler bestimmt: „Jam soni in coelo nulli existunt, nec tam turbulentus est motus, ut ex attritu *aurae coelestis* eliciatur stridor." (Harmonice Mundi lib. V, cap. 5.) Der dünnen und heiteren Weltluft (aura coelestis) wird hier also wieder gedacht.

Die vergleichende Betrachtung der Planetenintervalle mit den regelmäßigen Körpern, welche diese Intervalle ausfüllen müssen, hatte Kepler ermutigt, seine Hypothesen selbst bis auf die Fixsternwelt auszudehnen.[15] Was bei der Auffindung der Ceres und der anderen sogenannten kleinen Planeten an die pythagoreischen Kombinationen Keplers zuerst wieder lebhaft erinnert hat, ist dessen fast vergessene Aeußerung gewesen über die wahrscheinliche Existenz eines noch ungesehenen Planeten in der großen planetenlosen Kluft zwischen Mars und Jupiter. („Motus semper distantiam pone sequi videtur; atque ubi magnus hiatus erat inter orbes, erat et inter motus.") „Ich bin kühner geworden," sagt er in der Einleitung zum Mysterium cosmographicum, „und setze zwischen Mars und Jupiter einen neuen Planeten, wie auch (eine Behauptung, die weniger glücklich war und lange unbeachtet[16] blieb) einen anderen Planeten zwischen Venus und Merkur; man hat wahrscheinlich beide ihrer außerordentlichen Kleinheit wegen nicht gesehen."[17] Später fand Kepler, daß er dieser neuen Planeten für sein Sonnensystem nach den Eigenschaften der 5 regelmäßigen Körper nicht bedürfe; es komme nur darauf an, den Abständen der alten Planeten eine kleine Gewalt anzuthun. („Non reperies novos et incognitos Planetas, ut paulo antea, interpositos, non ea mihi probatur audacia; sed illos veteres *parum admodum luxatos*." Myst. cosmogr., p. 10.) Die geistigen Richtungen Keplers waren den pythagoreischen und noch mehr

den im Timäus ausgesprochenen platonischen so analog, daß, so wie Plato (Cratyl. p. 409) in den 7 Planetensphären neben der Verschiedenheit der Töne auch die der Farben fand, Kepler ebenfalls (Astron. opt. cap. 6, pag. 261) eigene Versuche anstellte, um an einer verschieden erleuchteten Tafel die Farben der Planeten nachzuahmen. War doch der große, in seinen Vernunftschlüssen immer so strenge Newton ebenfalls noch geneigt, wie schon Prevost (Mém. de l'Acad. de Berlin pour 1802, p. 77 und 93) bemerkt, die Dimension der 7 Farben des Spektrums auf die diatonische Skala zu reduzieren.[18]

Die Hypothese von noch unbekannten Gliedern der Planetenreihe des Sonnensystems erinnert an die Meinung des hellenischen Altertums, daß es weit mehr als 5 Planeten gebe; dies sei ja nur die Zahl der beobachteten, viele andere aber blieben ungesehen wegen der Schwäche ihres Lichtes und ihrer Stellung. Ein solcher Ausspruch ward besonders dem Artemidor aus Ephesus zugeschrieben.[19] Ein anderer althellenischer, vielleicht selbst ägyptischer Glaube scheint der gewesen zu sein, „daß die Himmelskörper, welche wir jetzt sehen, nicht alle von jeher zugleich sichtbar waren". Mit einem solchen physischen oder vielmehr historischen Mythus hängt die sonderbare Form des Lobes eines hohen Alters zusammen, das einige Volksstämme sich selbst beilegten. So nannten sich Proselenen die vorhellenischen pelasgischen Bewohner Arkadiens, weil sie sich rühmten, früher in ihr Land gekommen zu sein, als der Mond die Erde begleitete. Vorhellenisch und vormondlich waren synonym. Das Erscheinen eines Gestirnes wurde als eine Himmelsbegebenheit geschildert, wie die deukalionische Flut eine Erdbegebenheit war. Apulejus (Apologia Vol. II, p. 494 ed. Oudendorp; Kosmos Bd. II, S. 300, Anm. 86) dehnte die Flut bis auf die gätulischen Gebirge des nördlichen Afrikas aus. Bei Apollonius Rhodius, der nach alexandrinischer Sitte gern alten Mustern nachahmte, heißt es von der frühen Ansiedelung der Aegypter im Nilthale: „Noch kreisten nicht am Himmel die Gestirne alle, noch waren die Danaer nicht erschienen, nicht das deukalionische Geschlecht."[20] Diese wichtige Stelle erläutert das Lob des pelasgischen Arkadien.

Ich schließe diese Betrachtungen über die Abstände und räumliche Reihung der Planeten mit einem Gesetz, welches eben nicht diesen Namen verdient, und das Lalande und

Delambre ein Zahlenspiel, andere ein mnemonisches Hilfsmittel nennen. Es hat dasselbe unseren verdienstvollen Bode viel beschäftigt, besonders zu der Zeit, als Piazzi die Ceres auffand, eine Entdeckung, die jedoch keineswegs durch jenes sogenannte Gesetz, sondern eher durch einen Druckfehler in Wollastons Sternverzeichnis veranlaßt wurde. Wollte man die Entdeckung als die Erfüllung einer Voraussagung betrachten, so muß man nicht vergessen, daß letztere, wie wir schon oben erinnert haben, bis zu Kepler hinaufreicht, also mehr denn 1½ Jahrhunderte über Titius und Bode hinaus. Obgleich der Berliner Astronom in der 2. Auflage seiner populären und überaus nützlichen „Anleitung zur Kenntnis des gestirnten Himmels" bereits sehr bestimmt erklärt hatte, „daß er das Gesetz der Abstände einer in Wittenberg durch Prof. Titius veranstalteten Uebersetzung von Bonnets Contemplation de la Nature entlehne", so hat dasselbe doch meist seinen Namen und selten den von Titius geführt. In einer Note, welche der letztere dem Kapitel über das Weltgebäude hinzufügte, heißt es: „Wenn man die Abstände der Planeten untersucht, so findet man, daß fast alle in der Proportion voneinander entfernt sind, wie ihre körperlichen Größen zunehmen. Gebet der Distanz von der Sonne bis zum Saturn 100 Teile, so ist Merkur 4 solcher Teile von der Sonne entfernt, Venus $4+3=7$ derselben, die Erde $4+6=10$, Mars $4+12=16$. Aber von Mars bis zu Jupiter kommt eine Abweichung von dieser so genauen(!) Progression vor. Vom Mars folgt ein Raum von $4+24=28$ solcher Teile, darin weder ein Hauptplanet noch ein Nebenplanet zur Zeit gesehen wird. Und der Bauherr sollte diesen Raum leer gelassen haben? Es ist nicht zu zweifeln, daß dieser Raum den bisher noch unentdeckten Trabanten des Mars zugehöre, oder daß vielleicht auch Jupiter noch Trabanten um sich habe, die bisher durch kein Fernrohr gesehen sind. Von dem uns (in seiner Erfüllung) unbekannten Raum erhebt sich Jupiters Wirkungskreis in $4+48=52$. Dann folgt Saturn in $4+96=100$ Teilen — ein bewundernswürdiges Verhältnis." — Titius war also geneigt, den Raum zwischen Mars und Jupiter nicht mit einem, sondern mit mehreren Weltkörpern, wie es wirklich der Fall ist, auszufüllen, aber er vermutete, daß dieselben eher Neben- als Hauptplaneten wären.

Wie der Uebersetzer und Kommentator von Bonnet zu der Zahl 4 für die Merkursbahn gelangte, ist nirgends

ausgesprochen. Er wählte sie vielleicht nur, um für den damals entferntesten Planeten Saturn, dessen Entfernung 9,5, also nahe = 10,0 ist, genau 100 zu haben, in Verbindung mit den leicht teilbaren Zahlen 96, 48, 24 u. s. f. Daß er die Reihenfolge bei den näheren Planeten beginnend aufgestellt habe, ist minder wahrscheinlich. Eine hinreichende Uebereinstimmung des nicht von der Sonne, sondern vom Merkur anhebenden Gesetzes der Verdoppelung mit den wahren Planetenabständen konnte schon im vorigen Jahrhundert nicht behauptet werden, da letztere damals genau genug für diesen Zweck bekannt waren. In der Wirklichkeit nähern sich allerdings der Verdoppelung sehr die Abstände zwischen Jupiter, Saturn und Uranus; indes hat sich seit der Entdeckung des Neptun, welcher dem Uranus viel zu nahe steht, das Mangelhafte der Progression in einer augenfälligen Weise zu erkennen gegeben.[21]

Was man das Gesetz des Vicarius Wurm aus Leonberg nennt und bisweilen von dem Titius-Bodeschen Gesetze unterscheidet, ist eine bloße Korrektion, welche Wurm bei der Entfernung des Merkur von der Sonne und bei der Differenz der Merkur- und Venusabstände angebracht hat. Er setzt, der Wahrheit sich mehr nähernd, den ersteren zu 387, den zweiten zu 680, den Erdabstand zu 1000.[22] Gauß hat schon bei Gelegenheit der Entdeckung der Pallas durch Olbers in einem Briefe an Zach (Oktober 1802) das sogenannte Gesetz der Abstände treffend gerichtet. „Das von Titius angegebene," sagt er, „trifft bei den meisten Planeten, gegen die Natur aller Wahrheiten, die den Namen Gesetz verdienen, nur ganz beiläufig, und, was man noch nicht einmal bemerkt zu haben scheint, beim Merkur gar nicht zu. Es ist einleuchtend, daß die Reihe

$$4,\ 4+3,\ 4+6,\ 4+12,\ 4+24,\ 4+48,\ 4+96,\ 4+192,$$

womit die Abstände übereinstimmen sollten, gar nicht einmal eine kontinuierliche Reihe ist. Das Glied, welches vor $4+3$ hergeht, muß ja nicht 4, d. i. $4+0$, sondern $4+1\frac{1}{2}$ sein. Also zwischen 4 und $4+3$ sollten noch unendlich viele liegen, oder, wie Wurm sich ausdrückt, für $n=1$ kommt aus $4+2^{n-2}.3$ nicht 4, sondern $5\frac{1}{2}$. Es ist übrigens gar nicht zu tadeln, wenn man dergleichen ungefähre Uebereinstimmungen in der Natur aufsucht. Die größten Männer aller Zeiten haben solchem lusus ingenii nachgehangen."

5) Massen der Planeten. — Sie sind durch Satelliten, wo solche vorhanden sind, durch gegenseitige Störungen der Hauptplaneten untereinander oder durch Einwirkung eines Kometen von kurzem Umlauf ergründet worden. So wurde von Encke 1841 durch Störungen, welche sein Komet erleidet, die bis dahin unbekannte Masse des Merkur bestimmt. Für Venus bietet derselbe Komet für die Folge Aussicht der Massenverbesserung dar. Auf Jupiter werden die Störungen der Vesta angewandt. Die Masse der Sonne als Einheit genommen, sind (nach Encke, Vierte Abhandlung über den Kometen von Pons in den Schriften der Berliner Akademie der Wissenschaften für 1842, S. 5):

Merkur	$\frac{1}{4865751}$
Venus	$\frac{1}{401879}$
Erde	$\frac{1}{359551}$
(Erde und Mond zusammen . .	$\frac{1}{355499}$)
Mars	$\frac{1}{2680337}$
Jupiter mit seinen Trabanten .	$\frac{1}{1047,879}$
Saturn	$\frac{1}{3501,6}$
Uranus	$\frac{1}{24605}$
Neptun	$\frac{1}{14416}$

Noch größer, jedoch der Wahrheit bemerkenswert nahe: $\frac{1}{9622}$, ist die Masse, welche le Verrier vor der wirklichen Auffindung des Neptun durch Galle mit Hilfe seiner scharfsinnigen Berechnungen ermittelte. Die Reihung der Hauptplaneten, die kleinen ungerechnet, ist demnach bei zunehmender Masse folgende:

Merkur, Mars, Venus, Erde, Uranus, Neptun, Saturn, Jupiter,

also, wie auch in Volum und Dichte, ganz verschieden von der Reihenfolge der Abstände vom Centralkörper.

6) Dichtigkeit der Planeten. — Die vorher erwähnten Volumina und Massen anwendend, erhält man für die Dichtigkeiten der Planeten (je nachdem man die des Erdkörpers oder die des Wassers gleich 1 setzt) folgende numerische Verhältnisse:

Planeten	Verhältnis zum Erdkörper	Verhältnis zur Dichtigkeit des Wassers
Merkur	0,234	6,71
Venus	0,940	5,11
Erde	1,000	5,44
Mars	0,958	5,21
Jupiter	0,243	1,32
Saturn	0,140	0,76
Uranus	0,178	0,97
Neptun	0,230	1,25

In der Vergleichung der planetarischen Dichtigkeiten mit Wasser dient zur Grundlage die Dichtigkeit des Erdkörpers. Reichs Versuche mit der Drehwage haben in Freiberg 5,4383 gegeben, sehr gleich den analogen Versuchen von Cavendish, welche nach der genaueren Berechnung von Francis Baily 5,448 gaben. Aus Bailys eigenen Versuchen folgte das Resultat 5,660. Man erkennt in der obigen Tabelle, daß Merkur nach Enckes Massenbestimmung den anderen Planeten von mittlerer Größe ziemlich nahe steht.

Die vorstehende Tabelle der Dichtigkeiten erinnert lebhaft an die mehrmals von mir berührte Einteilung der Planeten in zwei Gruppen, welche durch die Zone der kleinen Planeten voneinander getrennt werden. Die Unterschiede der Dichtigkeit, welche Mars, Venus, die Erde und selbst Merkur darbieten, sind sehr gering; fast ebenso sind unter sich ähnlich, aber 4 bis 7mal undichter als die vorige Gruppe, die sonnenferneren Planeten Jupiter, Neptun, Uranus und Saturn. Die Dichtigkeit der Sonne (0,252, die der Erde = 1,000 gesetzt, also im Verhältnis zum Wasser 1,37) ist um weniges größer, als die Dichtigkeiten des Jupiter und Neptun. Der zunehmenden Dichte nach müssen demnach Planeten und Sonne[23] folgendermaßen gereiht werden:

Saturn, Uranus, Neptun, Jupiter, Sonne, Venus, Mars, Erde, Merkur.

Obgleich die dichtesten Planeten, im ganzen genommen, die der Sonne näheren sind, so ist doch, wenn man die Planeten einzeln betrachtet, ihre Dichtigkeit keineswegs den Abständen proportional, wie Newton anzunehmen geneigt war.[24]

7) Siderische Umlaufszeit und Achsendrehung. – Wir begnügen uns, hier die siderischen oder wahren Umlaufszeiten der Planeten in Beziehung auf die Fixsterne oder einen festen Punkt des Himmels anzugeben. In der Zeit einer solchen Revolution legt ein Planet volle 360 Grade um die Sonne zurück. Die siderischen Revolutionen (Umläufe) sind sehr von den tropischen und synodischen zu unterscheiden, deren erstere sich auf die Rückkehr zur Frühlingsnachtgleiche, letztere sich auf den Zeitunterschied zwischen zwei nächsten Konjunktionen oder Oppositionen beziehen.

Planeten	Siderische Umlaufszeiten	Rotation
Merkur	87,96928 Tage	. . . . .
Venus	224,70078 „	. . . . .
Erde	365,25637 „	0ᵀ 23ʰ 56′ 4″
Mars	686,97964 „	1ᵀ 0ʰ 37′ 20″
Jupiter	4332,58480 „	0ᵀ 9ʰ 55′ 27″
Saturn	10759,21981 „	0ᵀ 10ʰ 29′ 17″
Uranus	30686,82051 „	. . . . .
Neptun	60126,7 „	. . . . .

In einer anderen, mehr übersichtlichen Form sind die wahren Umlaufszeiten:

Merkur 87ᵀ 23ʰ 15′ 46″
Venus 224ᵀ 16ʰ 49′ 7″
Erde 365ᵀ 6ʰ 9′ 10,7496″,

woraus gefolgert wird die tropische Umlaufszeit oder die Länge des Sonnenjahres zu 365,24222ᵀ oder 365ᵀ 5ʰ 48′ 47,8091″; die Länge des Sonnenjahres wird wegen des Vorrückens der Nachtgleichen in 100 Jahren um 0,595″ kürzer

Mars 1 Jahr 321ᵀ 17ʰ 30′ 41″
Jupiter 11 Jahre 314ᵀ 20ʰ 2′ 7″
Saturn 29 Jahre 166ᵀ 23ʰ 16′ 32″
Uranus 84 Jahre 5ᵀ 19ʰ 41′ 36″
Neptun 164 Jahre 225ᵀ 17ʰ

Die Rotation ist bei den sehr großen äußeren Planeten, welche zugleich eine lange Umlaufszeit haben, am schnellsten, bei den kleineren inneren, der Sonne näheren, langsamer.

Die Umlaufszeit der Asteroiden zwischen Mars und Jupiter ist sehr verschieden und wird bei der Herzählung der einzelnen Planeten erwähnt werden. Es ist hier hinlänglich, ein vergleichendes Resultat anzuführen, und zu bemerken, daß unter den kleinen Planeten sich die längste Umlaufszeit findet bei Hygiea, die kürzeste bei Flora.

8) Neigung der Planetenbahnen und Rotationsachsen. — Nächst den Massen der Planeten gehören die Neigung und Exzentrizität ihrer Bahnen zu den wichtigsten Elementen, von welchen die Störungen abhängen. Die Vergleichung derselben in der Reihenfolge der inneren, kleinen mittleren, und äußeren Planeten (von Merkur bis Mars, von Flora bis Hygiea, von Jupiter bis Neptun) bietet mannigfaltige Aehnlichkeiten und Kontraste dar, welche zu Betrachtungen über die Bildung dieser Weltkörper und ihre an lange Zeitperioden geknüpften Veränderungen leiten. Die in so verschiedenen elliptischen Bahnen kreisenden Planeten liegen auch alle in verschiedenen Ebenen; sie werden, um eine numerische Vergleichung möglich zu machen, auf eine feste oder nach einem gegebenen Gesetze bewegliche Fundamentalebene bezogen. Als eine solche gilt am bequemsten die Ekliptik (die Bahn, welche die Erde wirklich durchläuft) oder der Aequator des Erdsphäroids. Wir fügen zu derselben Tabelle die Neigungen der Rotationsachsen der Planeten gegen ihre eigene Bahn hinzu, soweit dieselben mit einiger Sicherheit ergründet sind:

Planeten	Neigung der Planetenbahnen gegen die Ekliptik	Neigung der Planetenbahnen gegen den Erdäquator	Neigung der Achsen der Planeten gegen ihre Bahnen
Merkur . . .	7° 0′ 5,9″	28° 45′ 8″	. . . . .
Venus . . .	3° 23′ 28,5″	24° 33′ 21″	. . . . .
Erde	0° 0′ 0″	23° 27′ 54,8″	66° 32′
Mars	1° 51′ 6,2″	24° 44′ 24″	61° 18′
Jupiter . . .	1° 18′ 51,6″	23° 18′ 28″	86° 54′
Saturn . . .	2° 29′ 35,9″	22° 38′ 44″	. . . . .
Uranus . . .	0° 46′ 28,0″	23° 41′ 24″	. . . . .
Neptun . . .	1° 47′	22° 21′	. . . . .

Die kleinen Planeten sind hier ausgelassen, weil sie weiter unten als eine eigene abgeschlossene Gruppe behandelt werden.

Wenn man den sonnennahen Merkur ausnimmt, dessen Bahnneigung gegen die Ekliptik (7° 0′ 5,9″) der des Sonnenäquators (7° 30′) sehr nahe kommt, so sieht man die Neigung der anderen sieben Planetenbahnen zwischen 0¾″ und 3½″ oszillieren. In der Stellung der Rotationsachsen gegen die eigene Bahn ist es Jupiter, welcher sich dem Extreme der Perpendikularität am meisten nähert. Im Uranus dagegen fällt, nach der Neigung der Trabantenbahnen zu schließen, die Rotationsachse fast mit der Ebene der Bahn des Planeten zusammen.

Da von der Größe der Neigung der Erdachse gegen die Ebene der Erdbahn, also von der Schiefe der Ekliptik (d. h. von dem Winkel, welchen die scheinbare Sonnenbahn in ihrem Durchschnittspunkte mit dem Aequator macht), die Verteilung und Dauer der Jahreszeiten, die Sonnenhöhen unter verschiedenen Breiten und die Länge des Tages abhängen, so ist dieses Element von der äußersten Wichtigkeit für die astronomischen Klimate, d. h. für die Temperatur der Erde, insofern dieselbe Funktion der erreichten Mittagshöhen der Sonne und der Dauer ihres Verweilens über dem Horizonte ist. Bei einer großen Schiefe der Ekliptik, oder wenn gar der Erdäquator auf der Erdbahn senkrecht stünde, würde jeder Ort einmal im Jahre, selbst unter den Polen, die Sonne im Zenith, und längere oder kürzere Zeit nicht aufgehen sehen. Die Unterschiede von Sommer und Winter würden unter jeder Breite (wie die Tagesdauer) das Maximum des Gegensatzes erreichen. Die Klimate würden in jeder Gegend der Erde im höchsten Grade zu denen gehören, welche man extreme nennt und die eine unabsehbar verwickelte Reihe schnell wechselnder Luftströmungen nur wenig zu mäßigen vermöchte. Wäre im umgekehrten Fall die Schiefe der Ekliptik null, fiele der Erdäquator mit der Ekliptik zusammen, so hörten an jedem Orte die Unterschiede der Jahreszeiten und Tageszeiten auf, weil die Sonne sich ununterbrochen scheinbar im Aequator bewegen würde. Die Bewohner des Pols würden nie aufhören, sie am Horizonte zu sehen. „Die mittlere Jahrestemperatur eines jeden Punktes der Erdoberfläche würde auch die eines jeden einzelnen Tages sein.“ Man hat diesen Zustand den eines ewigen Frühlings genannt, doch wohl nur wegen der allgemein gleichen Länge der Tage und Nächte. Ein großer Teil der Gegenden, welche wir jetzt die gemäßigte Zone nennen, würden, da der Pflanzenwuchs jeder anregenden

Sonnenwärme entbehren müßte, in das fast immer gleiche, eben nicht erfreuliche *Frühlingsklima* versetzt sein, von welchem ich unter dem Aequator in der Andeskette, der ewigen Schneegrenze nahe, auf den öden Bergebenen (Paramos) zwischen 10000 und 12000 Fuß (3250 bis 3900 m) viel gelitten. Die Tagestemperatur der Luft oszilliert dort immerdar zwischen $4^1/_2°$ und 9° Reaumur.

Das griechische Altertum ist viel mit der Schiefe der Ekliptik beschäftigt gewesen, mit rohen Messungen, mit Mutmaßungen über ihre Veränderlichkeit, und dem Einfluß der Neigung der Erdachse auf Klimate und Ueppigkeit der organischen Entwickelung. Diese Spekulationen gehörten vorzüglich dem Anaxagoras, der pythagoreischen Schule und dem Oenopides von Chios an. Die Stellen, welche uns darüber aufklären sollen, sind dürftig und unbestimmt; doch geben sie zu erkennen, daß man sich die Entwickelung des organischen Lebens und die Entstehung der Tiere als gleichzeitig mit der Epoche dachte, in welcher die Erdachse sich zu neigen anfing, was auch die Bewohnbarkeit des Planeten in einzelnen Zonen veränderte. Nach Plutarch *De plac. Philos.* II, 8 glaubte Anaxagoras: „daß die Welt, nachdem sie entstanden und lebende Wesen aus ihrem Schoße hervorgebracht, sich von selbst gegen die Mittagseite geneigt habe". In derselben Beziehung sagt Diogenes Laertius II, 9 von dem Klazomenier: „Die Sterne hatten sich anfangs in kuppelartiger Lage fortgeschwungen, so daß der jedesmal erscheinende Pol *scheitelrecht* über der Erde stand; später aber hatten sie die schiefe Richtung angenommen." Die Entstehung der Schiefe der Ekliptik dachte man sich wie eine kosmische *Begebenheit*. Von einer fortschreitenden späteren Veränderung war keine Rede.

Die Schilderung der beiden extremen, also entgegengesetzten Zustände, denen sich die Planeten Uranus und Jupiter am meisten nähern, sind dazu geeignet, an die Veränderungen zu erinnern, welche die *zunehmende* oder *abnehmende* Schiefe der Ekliptik in den metereologischen Verhältnissen unseres Planeten und in der Entwickelung der organischen Lebensformen hervorbringen würde, wenn diese Zu- oder Abnahme nicht in *sehr enge Grenzen* eingeschlossen wäre. Die Kenntnis dieser Grenzen, Gegenstand der großen Arbeiten von Leonhard Euler, Lagrange und Laplace, kann für die neuere Zeit eine der glänzendsten Errungenschaften der theoretischen Astronomie und der vervollkommneten höheren Ana-

lysis genannt werden. Diese Grenzen sind so enge, daß Laplace Expos. du Système du Monde, éd. 1824, p. 503) die Behauptung aufstellte, die Schiefe der Ekliptik oszilliere nach beiden Seiten nur $1\frac{1}{2}^{0}$ um ihre mittlere Lage. Nach dieser Angabe[25] würde uns die Tropenzone (der Wendekreis des Krebses, als ihr nördlichster, äußerster Saum) nur um ebensoviel näher kommen. Es wäre also, wenn man die Wirkung so vieler anderer meteorologischer Perturbationen ausschließt, als würde Berlin von seiner jetzigen isothermen Linie allmählich auf die von Prag versetzt. Die Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur würde kaum mehr als einen Grad des hundertteiligen Thermometers betragen.[26] Biot nimmt zwar auch nur enge Grenzen in der alternierenden Veränderung der Schiefe der Ekliptik an, hält es aber für ratsamer, sie nicht an bestimmte Zahlen zu fesseln. „La diminution lente et séculaire de l'obliquité de l'écliptique," sagt er, „offre des états alternatifs qui produisent une oscillation éternelle, comprise entre des limites fixes. La théorie n'a pas encore pu parvenir à déterminer ces limites; mais d'apres la constitution du système planétaire, elle a démontré qu'elles existent et qu'elles sont *très peu étendues*. Ainsi, à ne considérer que le seul effet de causes constantes qui agissent actuellement sur le système du monde, on peut affirmer que le plan de l'écliptique *n'a jamais coincidé* et ne *coincidera jamais* avec le plan de l'équateur: phénomène qui, s'il arrivait, produirait sur la terre le (prétendu!) printemps perpétuel." Biot, Traité d'Astronomie physique, 3me éd. 1847, T. IV, p. 91.

Während die von Bradley entdeckte Nutation der Erdachse bloß von der Einwirkung der Sonne und des Erdsatelliten auf die abgeplattete Gestalt unseres Planeten abhängt, ist das Zunehmen und Abnehmen der Schiefe der Ekliptik die Folge der veränderlichen Stellung aller Planeten. Gegenwärtig sind diese so verteilt, daß ihre Gesamtwirkung auf die Erdbahn eine Verminderung der Schiefe der Ekliptik hervorbringt. Letztere beträgt jetzt nach Bessel jährlich 0,457". Nach dem Verlauf von vielen tausend Jahren wird die Lage der Planetenbahnen und ihrer Knoten (Durchschnittspunkte auf der Ekliptik) so verschieden sein, daß das Vorwärtsgehen der Aequinoktien in ein Rückwärtsgehen und demnach in eine Zunahme der Schiefe der Ekliptik wird verwandelt sein. Die

Theorie lehrt, daß diese Zu- und Abnahme Perioden von sehr ungleicher Dauer ausfüllt. Die ältesten astronomischen Beobachtungen, welche uns mit genauen numerischen Angaben erhalten sind, reichen bis in das Jahr 1104 vor Christus hinauf und bezeugen das hohe Alter chinesischer Civilisation. Litterarische Monumente sind kaum hundert Jahre jünger, und eine geregelte historische Zeitrechnung reicht (nach Eduard Biot) bis 2700 Jahre vor Christus hinauf. Unter der Regentschaft des Tscheu-kung, Bruders des Wu-Wang, wurden an einem 8füßigen Gnomon in der Stadt Lo-jang südlich vom gelben Flusse (die Stadt heißt jetzt Ho-nan-fu, in der Provinz Ho-nan) in einer Breite von 34° 46′ die Mittagsschatten in zwei Solstitien gemessen. Sie gaben die Schiefe der Ekliptik zu 23° 54′, also um 27′ größer, als sie 1850 war. Die Beobachtungen von Pytheas und Eratosthenes zu Marseille und Alexandrien sind sechs und sieben Jahrhunderte jünger. Wir besitzen 4 Resultate über die Schiefe der Ekliptik vor unserer Zeitrechnung, und 7 nach derselben bis zu Ulugh Begs Beobachtungen auf der Sternwarte zu Samarkand. Die Theorie von Laplace stimmt auf eine bewundernswürdige Weise, bald in plus, bald in minus, mit den Beobachtungen für einen Zeitraum von fast 3000 Jahren überein. Die uns überkommene Kenntnis von Tscheu-kungs Messung der Schattenlängen ist um so glücklicher, als die Schrift, welche ihrer erwähnt, man weiß nicht aus welcher Ursache, der großen vom Kaiser Schi-hoang-ti aus der Tsindynastie im Jahre 246 vor Chr. anbefohlenen fanatischen Bücherzerstörung entgangen ist. Da der Anfang der 4. ägyptischen Dynastie mit den pyramidenbauenden Königen Chufu, Schafra und Menkera nach den Untersuchungen von Lepsius 23 Jahrhunderte vor der Solstitialbeobachtung zu Lo-jang fällt, so ist bei der hohen Bildungsstufe des ägyptischen Volkes und seiner frühen Kalendereinrichtung es wohl sehr wahrscheinlich, daß auch damals schon Schattenlängen im Nilthal gemessen wurden, Kenntnis davon ist aber nicht auf uns gekommen. Selbst die Peruaner, obgleich weniger fortgeschritten in der Vervollkommnung des Kalenderwesens und der Einschaltungen, als es die Mexikaner und die Muyscas (Bergbewohner von Neugranada) waren, hatten Gnomonen, von einem auf sehr ebener Grundfläche eingezeichneten Kreise umgeben. Es standen dieselben sowohl im Inneren des großen Sonnentempels zu Cuzco als an vielen anderen Orten des Reiches; ja der Gnomon zu Quito,

fast unter dem Aequator gelegen und bei den Aequinoktialfesten mit Blumen bekränzt, wurde in größerer Ehre als die anderen gehalten.[27]

9) Exzentrizität der Planetenbahnen. — Die Form der elliptischen Bahnen ist bestimmt durch die größere oder geringere Entfernung der beiden Brennpunkte vom Mittelpunkt der Ellipse. Diese Entfernung oder Exzentrizität der Planetenbahnen variiert, in Teilen der halben großen Achse der Bahnen ausgedrückt, von 0,006 (also der Kreisform sehr nahe) in Venus und von 0,076 in Ceres bis 0,205 in Merkur und 0,255 in Juno. Auf die am wenigsten exzentrischen Bahnen der Venus und des Neptun folgen am nächsten: die Erde, deren Exzentrizität sich jetzt vermindert und zwar um 0,00004299 in 100 Jahren, während die kleine Achse sich vergrößert, Uranus, Jupiter, Saturn, Ceres, Egeria, Vesta und Mars. Die am meisten exzentrischen Bahnen sind die der Juno (0,255), Pallas (0,239), Iris (0,232), Viktoria (0,217), des Merkur (0,205) und der Hebe (0,202). Die Exzentrizitäten sind bei einigen Planeten im Wachsen, wie bei Merkur, Mars und Jupiter, bei anderen im Abnehmen, wie bei Venus, der Erde, Saturn und Uranus. Die nachfolgende Tabelle gibt die Exzentrizitäten der großen Planeten nach Hansen für das Jahr 1800. Die Exzentrizitäten der 14 kleinen Planeten sollen später nebst anderen Elementen ihrer Bahnen für die Mitte des 19. Jahrhunderts geliefert werden.

Merkur	0,2056163
Venus	0,0068618
Erde	0,0167922
Mars	0,0932168
Jupiter	0,0481621
Saturn	0,0562505
Uranus	0,0466108
Neptun	0,00871946

Die Bewegung der großen Achse (Apsidenlinie) der Planetenbahnen, durch welche der Ort der Sonnennähe (des Perihels) verändert wird, ist eine Bewegung, die ohne Ende, der Zeit proportional, nach einer Richtung fortschreitet. Sie ist eine Veränderung in der Position der Apsidenlinie, welche ihren Cyklus erst in mehr als hunderttausend Jahren vollendet, und wesentlich von den Veränderungen zu unterscheiden, welche die Gestalt der Bahnen, ihre Elliptizität,

erleidet. Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob der wachsende Wert dieser Elemente in der Folge von Jahrtausenden die Temperatur der Erde in Hinsicht auf Quantität und Verteilung nach Tages- und Jahreszeiten beträchtlich modifizieren könne? ob in diesen astronomischen, nach ewigen Gesetzen regelmäßig fortwirkenden Ursachen nicht ein Teil der Lösung des großen geologischen Problems der Vergrabung tropischer Pflanzen- und Tierformen in der jetzt kalten Zone gefunden werden könne? Dieselben mathematischen Gedankenverbindungen, welche zu den Besorgnissen über Position der Apsiden, über Form der elliptischen Planetenbahnen (je nachdem diese sich der Kreisform oder einer kometenartigen Exzentrizität nähern), über Neigung der Planetenachsen, Veränderung der Schiefe der Ekliptik, Einfluß der Präzession auf die Jahreslänge anregen, gewähren in ihrer höheren analytischen Entwickelung auch kosmische Motive der Beruhigung. Die großen Achsen und die Massen sind konstant. Periodische Wiederkehr hindert ein maßloses Anwachsen gewisser Perturbationen. Die schon an sich so mäßigen Exzentrizitäten der mächtigsten zwei Planeten, des Jupiter und des Saturn, sind durch eine gegenseitige und dazu noch ausgleichende Wirkung wechselsweise im Zu- und Abnehmen begriffen, wie auch in bestimmte, meist enge Grenzen eingeschlossen.

Durch die Veränderung der Position der Apsidenlinie fällt allmählich der Punkt, in welchem die Erde der Sonne am nächsten ist, in ganz entgegengesetzte Jahreszeiten. Wenn gegenwärtig das Perihel in die ersten Tage des Januar, wie die Sonnenferne (Aphel) sechs Monate später, in die ersten Tage des Juli, fällt, so kann durch das Fortschreiten (die Drehung) der Apsidenlinie oder großen Achse der Erdbahn das Maximum des Abstandes im Winter, das Minimum im Sommer eintreten, so daß im Januar die Erde der Sonne um 700 000 geographische Meilen = 5 194 307 km (d. i. ungefähr $^1/_{20}$ des mittleren Abstandes der Erde von der Sonne) ferner stehen würde als im Sommer. Auf den ersten Anblick möchte man also glauben, daß das Eintreten der Sonnennähe in eine entgegengesetzte Jahreszeit (statt des Winters, wie jetzt der Fall ist, in den Sommer) große klimatische Veränderungen hervorbringen müsse; aber in der gemachten Voraussetzung wird die Sonne nicht mehr sieben Tage länger in der nördlichen Halbkugel verweilen, nicht mehr, wie jetzt, den Teil der Ekliptik vom Herbstäquinoktium bis zum Früh-

lingsäquinoktium in einer Zeit durchlaufen, welche um eine Woche kürzer ist als diejenige, während welcher sie die andere Hälfte ihrer Bahn, vom Frühlings- zum Herbstäquinoktium, zurücklegt. Der Temperaturunterschied (und wir verweilen hier bloß bei den astronomischen Klimaten, mit Ausschluß aller physischen Betrachtungen über das Verhältnis des Festen zum Flüssigen auf der vielgestalteten Erdoberfläche, der Temperaturunterschied, welcher die befürchtete Folge der Drehung der Apsidenlinie sein soll, wird meist dadurch im ganzen verschwinden, daß der Punkt, in welchem unser Planet der Sonne am nächsten steht, immer zugleich der ist, durch den der Planet sich am schnellsten bewegt. Das schöne zuerst von Lambert[28] aufgestellte Theorem, nach dem die Wärmemenge, welche die Erde in jedwedem Teile des Jahres von der Sonne empfängt, dem Winkel proportional ist, den in derselben Zeitdauer der radius vector der Sonne beschreibt, enthält gewissermaßen die beruhigende Auflösung des oben bezeichneten Problems.

Wie die veränderte Richtung der Apsidenlinie wenig Einfluß auf die Temperatur des Erdkörpers ausüben kann, so sind auch, nach Arago und Poisson,[29] die Grenzen der wahrscheinlichen Veränderungen der elliptischen Form der Erdbahn so eng beschränkt, daß sie die Klimate der einzelnen Zonen nur mäßig und dazu in langen Perioden sehr allmählich modifizieren. Ist auch die Analyse, welche diese Grenze genau bestimmt, noch nicht ganz vollendet, so geht aus derselben doch wenigstens so viel hervor, daß die Exzentrizität der Erde nie in die der Juno, der Pallas und der Viktoria übergehen werde.

10) Lichtstärke der Sonne auf den Planeten. — Wenn man die Lichtstärke auf der Erde = 1 setzt, so findet man für

Merkur	6,674
Venus	1,911
Mars	0,431
Pallas	0,130
Jupiter	0,036
Saturn	0,011
Uranus	0,003
Neptun	0,001

Als Folge sehr großer Exzentrizität haben Lichtintensität:

Merkur	in dem	Perihel	10,58,	im	Aphel	4,59
Mars	„	„	0,52,	„	„	0,36
Juno	„	„	0,25,	„	„	4,09

während die Erde bei der geringen Exzentrizität ihrer Bahn im Perihel 1,034, im Aphel 0,967 hat. Wenn das Sonnenlicht auf Merkur 7mal intensiver als auf der Erde ist, so muß es auf Uranus 368mal schwächer sein. Der Wärmeverhältnisse ist hier schon darum nicht Erwähnung geschehen, weil sie, als ein kompliziertes Phänomen, von der besonderen Beschaffenheit der Planetenatmosphären, ihrer Höhe, ihrer Existenz oder Nichtexistenz abhängig sind. Ich erinnere nur hier an die Vermutungen von Sir John Herschel über die Temperatur der Mondoberfläche, „welche vielleicht den Siedepunkt des Wassers ansehnlich übertrifft".

b. Nebenplaneten.

Die allgemeinen vergleichenden Betrachtungen über die Nebenplaneten sind mit einiger Vollständigkeit schon im Naturgemälde (Kosmos Bd. I, S. 69 bis 72) geliefert worden. Damals (März 1845) waren nur 11 Haupt- und 18 Nebenplaneten bekannt. Von den Asteroiden, sogenannten teleskopischen oder kleinen Planeten waren bloß erst vier: Ceres, Pallas, Juno und Vesta, entdeckt. Gegenwärtig (August 1851) übertrifft die Zahl der Hauptplaneten die der Trabanten. Wir kennen von den ersteren 22, von den letzteren 21. Nach einer 38jährigen Unterbrechung planetarischer Entdeckungen, von 1807 bis Dezember 1845, begann mit der Asträa von Hencke eine lange Folge von 10 neuentdeckten kleinen Planeten. Von diesen hat Hencke zu Driesen zwei (Asträa und Hebe), Hind in London vier (Iris, Flora, Viktoria und Irene), Graham zu Markree-Castle einen (Metis) und de Gasparis zu Neapel drei (Hygiea, Parthenope und Egeria) zuerst erkannt. Der äußerste aller großen Planeten, der von le Verrier in Paris verkündigte, von Galle zu Berlin aufgefundene Neptun, folgte nach 10 Monaten der Asträa. Die Entdeckungen häufen sich jetzt mit solcher Schnelligkeit, daß die Topographie des Sonnengebietes nach Ablauf weniger Jahre ebenso veraltet erscheint als statistische Länderbeschreibungen.

Von den jetzt bekannten 21 Satelliten gehören, einer der Erde, 4 dem Jupiter, 8 dem Saturn (der letztentdeckte unter diesen 8 ist dem Abstande nach der 7., Hyperion; zugleich in zwei Weltteilen von Bond und Lassell entdeckt), 6 dem Uranus (von denen besonders der 2. und 4. am sichersten bestimmt sind), 2 dem Neptun.

Die um Hauptplaneten kreisenden Satelliten sind untergeordnete Systeme, in welchen die Hauptplaneten als Centralkörper auftreten, eigene Gebiete von sehr verschiedenen Dimensionen bildend, in denen sich im kleinen das große Sonnengebiet gleichsam wiederholt. Nach unseren Kenntnissen hat das Gebiet des Jupiter im Durchmesser 520000 (3858600 km), das des Saturn 1050000 geogr. Meilen (7791400 km). Diese Analogieen zwischen den untergeordneten Systemen und dem Sonnensysteme haben zu Galileis Zeiten, in denen der Ausdruck einer kleinen Jupiterswelt (Mundus Jovialis) oft gebraucht wurde, viel zur schnelleren und allgemeineren Verbreitung des kopernikanischen Weltsystems beigetragen. Sie mahnen an Wiederholung von Form und Stellung, welche das organische Naturleben in untergeordneten Sphären ebenfalls oft darbietet.

Die Verteilung der Satelliten im Sonnengebiete ist so ungleich, daß, wenn im ganzen die mondlosen Hauptplaneten sich wie 3 zu 5 zu den von Monden begleiteten verhalten, die letzteren alle bis auf einen einzigen, die Erde, zu der äußeren planetarischen Gruppe, jenseits des Ringes der miteinander verschlungenen Asteroiden, gehören. Der einzige Satellit, welcher sich in der Gruppe der inneren Planeten zwischen der Sonne und den Asteroiden gebildet hat, der Erdmond, ist auffallend groß im Verhältnis seines Durchmessers zu dem seines Hauptplaneten. Dieses Verhältnis ist $\frac{1}{3,8}$, da doch der größte aller Saturnstrabanten (der 6., Titan) vielleicht nur $\frac{1}{15,0}$ und der größte der Jupiterstrabanten, der 3., $\frac{1}{29,8}$ des Durchmessers ihres Hauptplaneten sind. Man muß diese Betrachtung einer relativen Größe sehr von der absoluten Größe unterscheiden. Der relativ so große Erdmond (454 Meilen im Durchmesser) ist absolut kleiner als alle vier Jupiterstrabanten (von 776, 664, 529 und 475 Meilen = 4060, 3410, 5770 und 4810 km). Der 6. Saturnstrabant ist sehr wenig von der Größe des Mars (892 Meilen) verschieden. Wenn das Problem der teleskopischen Sichtbarkeit von dem

Durchmesser allein abhinge, und nicht gleichzeitig durch die Nähe der Scheibe des Hauptplaneten, durch die große Entfernung und die Beschaffenheit der lichtreflektierenden Oberfläche bedingt wäre, so würde man für die kleinsten der Nebenplaneten den 1. und 2. der Saturnstrabanten (Mimas und Enceladus) und die beiden mehrfach gesehenen Uranustrabanten zu halten haben; vorsichtiger ist es aber, sie bloß als die kleinsten Lichtpunkte zu bezeichnen. Gewisser scheint es bis jetzt, daß unter den kleinen Planeten überhaupt die kleinsten aller planetarischen Weltkörper (Haupt- und Nebenplaneten) zu suchen sind.[30]

Die Dichtigkeit der Satelliten ist keineswegs immer geringer als die ihres Hauptplaneten, wie dies der Fall ist beim Erdmonde (dessen Dichtigkeit nur 0,619 von der unserer Erde ist) und bei dem 4. Jupiterstrabanten. Der dichteste dieser Trabantengruppe, der 2., ist auch dichter als Jupiter selbst, während der 3. und größte gleiche Dichtigkeit mit dem Hauptplaneten zu haben scheint. Auch die Massen nehmen gar nicht mit dem Abstande zu. Sind die Planeten aus kreisenden Ringen entstanden, so müssen eigene, uns vielleicht ewig unbekannt bleibende Ursachen größere und kleinere, dichtere oder undichtere Anhäufungen um einen Kern veranlaßt haben.

Die Bahnen der Nebenplaneten, die zu einer Gruppe gehören, haben sehr verschiedene Exzentrizitäten. Im Jupitersysteme sind die Bahnen der Trabanten 1 und 2 fast kreisförmig, während die Exzentrizitäten der Trabanten 3 und 4 auf 0,0013 und 0,0072 steigen. Im Saturnssysteme ist die Bahn des dem Hauptplaneten nächsten Trabanten (Mimas) schon beträchtlich exzentrischer als die Bahnen von Enceladus und des von Bessel so genau bestimmten Titan, welcher zuerst entdeckt wurde und der größte ist. Die Exzentrizität dieses 6. Trabanten des Saturn ist nur 0,02922. Nach allen diesen Angaben, die zu den sicheren gehören, ist Mimas allein mehr exzentrisch als der Erdmond (0,05484); letzterer hat die Eigenheit, daß seine Bahn um die Erde unter allen Satelliten die stärkste Exzentrizität im Vergleich mit der des Hauptplaneten zeigt. Mimas (0,068) kreist um Saturn (0,056), aber unser Mond (0,054) um die Erde, deren Exzentrizität nur 0,016 ist. Ueber die Abstände der Trabanten von den Hauptplaneten vergl. Kosmos Bd. I, S. 70. Die Entfernung des dem Saturn nächsten Trabanten (Mimas) wird gegenwärtig nicht mehr zu 20022 geogr. Meilen, sondern zu 25600

(190000 km) angeschlagen, woraus sich ein Abstand von dem Ringe des Saturn, diesen zu 6047 Meilen (44870 km) Breite und den Abstand des Ringes von der Oberfläche des Planeten zu 4594 Meilen (34490 km) gerechnet, von etwas über 7000 Meilen (51940 km) ergibt.[31] Auch in der Lage der Satellitenbahnen zeigen sich merkwürdige Anomalieen neben einer gewissen Uebereinstimmung in dem Systeme des Jupiter, dessen Satelliten sich sehr nahe alle in der Ebene des Aequators des Hauptplaneten bewegen. In der Gruppe der Saturnstrabanten kreisen 7 meist in der Ebene des Ringes, während der äußerste 8., Japetus, 12° 14′ gegen die Ringebene geneigt ist.

In diesen allgemeinen Betrachtungen über die Planetenkreise im Weltall sind wir von dem höheren, wahrscheinlich nicht höchsten, Systeme, von dem der Sonne, zu den untergeordneten Partialsystemen des Jupiter, des Saturn, des Uranus, des Neptun herabgestiegen. Wie dem denkenden und zugleich phantasierenden Menschen ein Streben nach Verallgemeinerung der Ansichten angeboren ist, wie ihm ein unbefriedigtes kosmisches Ahnen in der translatorischen Bewegung[32] unseres Sonnensystemes durch den Weltraum die Idee einer höheren Beziehung und Unterordnung darzubieten scheint, so ist auch der Möglichkeit gedacht worden, daß die Trabanten des Jupiter wieder Centralkörper für andere sekundäre, wegen ihrer Kleinheit nicht gesehene Weltkörper sein könnten. Dann wären den einzelnen Gliedern der Partialsysteme, deren Hauptsitz die Gruppe der äußeren Hauptplaneten ist, andere, ähnliche Partialsysteme untergeordnet. Formwiederholungen in wiederkehrender Gliederung gefallen allerdings, auch als selbstgeschaffene Gebilde, dem ordnenden Geiste; aber jeder ernsteren Forschung bleibt es geboten, den idealen Kosmos nicht mit dem wirklichen, das Mögliche nicht mit dem durch sichere Beobachtung Ergründeten zu vermengen.

Anmerkungen.

[1] (S. 30.) Bei den Chaldäern waren Sonne und Mond die zwei Hauptgottheiten, den fünf Planeten standen nur Genien vor.

[2] (S. 300.) Humboldt, Monumens des peuples indigènes de l'Amérique T. II. p. 42—49. Ich habe schon damals, 1812, auf die Analogieen des Tierkreises von Bianchini mit dem von Dendera aufmerksam gemacht.

[3] (S. 300.) Letronne bestreitet schon wegen der Zahl 7 den altchaldäischen Ursprung der Planetenwoche.

[4] (S. 300). Weder Vitruvius noch Martianus Capella geben die Aegypter als Urheber eines Systemes an, nach welchem Merkur und Venus Satelliten der planetarischen Sonne sind. Bei dem ersteren heißt es: „Mercurii autem et Veneris stellae circum Solis radios, Solem ipsum, uti centrum, itineribus coronantes, regressus retrorsum et retardationes faciunt."

[5] (S. 300.) Martianus Mineus Felix Capella, De nuptiis philos. et Mercurii lib. VIII. ed. Grotii 1599. p. 289: „Nam Venus Mercuriusque licet ortus occasusque quotidianos ostendant, tamen eorum circuli Terras omnino non ambiunt, sed circa Solem laxiore ambitu circulantur. Denique circulorum suorum centron in Sole constituunt, ita ut supraipsum aliquando . . . ." Da diese Stelle überschrieben ist: Quod Tellus non sit centrum omnibus planetis, so konnte sie freilich, wie Gassendi behauptet, Einfluß auf die ersten Ansichten des Kopernikus ausüben, mehr als die dem großen Geometer Apollonius von Perga zugeschriebenen Stellen. Doch sagt Kopernikus auch nur: „minime contemnendum arbitror, quod Martianus Capella scripsit, existimans quod Venus et Mercurius circumerrant Solem in medio existentem."

[6] (S. 300.) Henri Martin in seinem Kommentar zum Timäus scheint mir sehr glücklich die Stelle des Macrobius über die ratio Chaldaeorum, welche den vortrefflichen Ideler irre geführt hat, erläutert zu haben. Macrobius weiß nichts von dem Systeme des Vitruvius und Martianus Capella, nach welchem Merkur und Venus Trabanten der Sonne sind, die sich aber selbst wie die anderen Planeten um die fest im Centrum stehende Erde bewegt.

Er zählt bloß die Unterschiede auf in der Reihenfolge der Bahnen von Sonne, Venus, Merkur und Mond nach den Annahmen des Cicero. „Ciceroni," sagt er, „Archimedes et Chaldaeorum ratio consentit. Plato Aegyptios secutus est." Wenn Cicero in der beredten Schilderung des ganzen Planetensystemes ausruft: „hunc (Solem) ut comites consequuntur Veneris alter, alter Mercurii cursus", so deutet er nur auf die Nähe der Kreise der Sonne und jener zwei unteren Planeten, nachdem er vorher die drei Kursus des Saturn, Jupiter und Mars aufgezählt hatte, alle kreisend um die unbewegliche Erde. Die Kreisbahn eines Nebenplaneten kann nicht die Kreisbahn eines Hauptplaneten umschließen, und doch sagt Macrobius bestimmt: „Aegyptiorum ratio talis est: circulus, per quem Sol discurrit, a Mercurii circulo ut inferior ambitur, illum quoque superior circulus Veneris includit." Es sind alles sich parallel bleibende, einander gegenseitig umfangende Bahnen.

[7] (S. 301.) Der bei Vettius Valens und Cedrenus verstümmelte Name des Planeten Mars soll mit Wahrscheinlichkeit dem Namen Her-to-sch entsprechen, wie Seb dem Saturn.

[8] (S. 301.) Die auffallendsten Unterschiede finden sich, wenn man vergleicht Aristot. Metaphys. XII, cap. 8. p. 1073 Bekker mit Pseudo-Aristot. De Mundo cap. 2, p. 392. In dem letzteren Werke erscheinen schon die Planetennamen Phaethon, Pyrois, Herkules, Stilbon und Juno, was auf die Zeiten des Apulejus und der Antonine hindeutet, wo chaldäische Astrologie bereits über das ganze römische Reich verbreitet war und Benennungen verschiedener Völker miteinander gemengt waren. Daß die Chaldäer zuerst die Planeten nach ihren babylonischen Göttern genannt haben und daß diese göttlichen Planetennamen so zu den Griechen übergegangen sind, spricht bestimmt aus Diodor von Sizilien. Ideler schreibt dagegen diese Benennungen den Aegyptern zu, und gründet sich auf die alte Existenz einer siebentägigen Planetenwoche am Nil, eine Hypothese, die Lepsius vollkommen widerlegt hat. Ich will hier aus dem Eratosthenes, aus dem Verfasser der Epinomis (Philippus Opuntius?), aus Geminus, Plinius, Theon dem Smyrnäer, Cleomedes, Achilles Tatius, Julius Firmicus und Simplicius die Synonymie der fünf ältesten Planeten zusammentragen, wie sie uns hauptsächlich durch Vorliebe zu astrologischen Träumereien erhalten worden sind:

Saturn: φαίνων, Nemesis, auch eine Sonne genannt von fünf Autoren (Theon. Smyrn. p. 87 und 165 Martin);
Jupiter: φαέθων, Osiris;
Mars: πυρόεις, Herkules;
Venus: ἑωσφόρος, φωσφόρος, Luzifer; ἕσπερος, Vesper; Juno, Isis;
Merkur: στίλβων, Apollo.

Achilles Tatius findet es befremdend, daß „Aegypter wie Griechen den lichtschwächsten der Planeten (wohl nur weil er Heil bringt)

den Glänzenden nennen." Nach Diodor bezieht sich der Name darauf, „daß Saturn der die Zukunft am meisten und klarsten verkündigende Planet war". Benennungen, die von einem Volke zum anderen als Aequivalente übergehen, hängen allerdings oft ihrem Ursprunge nach von nicht zu ergründenden Zufälligkeiten ab; doch ist hier wohl zu bemerken, daß sprachlich φαίνειν ein bloßes Scheinen, also ein mattes Leuchten mit kontinuierlichem, gleichmäßigem Lichte ausdrückt, während στίλβειν ein unterbrochenes, lebhafter glänzendes, funkelnderes Licht voraussetzt. Die beschreibenden Benennungen: φαινων für den entfernteren Saturn, στίλβων für den uns näheren Planeten Merkur, scheinen um so passender, als ich schon früher daran erinnert habe, wie bei Tage im großen Refraktor von Fraunhofer Saturn und Jupiter lichtschwach erscheinen in Vergleich mit dem funkelnden Merkur. Es ist daher, wie Professor Franz bemerkt, eine Folge zunehmenden Glanzes angedeutet von Saturn (φαίνων) bis zu Jupiter, dem leuchtenden Lenker des Lichtwagens (φαέθων), bis zum farbig glühenden Mars (πυρόεις), bis zu der Venus (φωσφόρος) und dem Merkur (στίλβων).

Die mir bekannte indische Benennung des langsam Wandelnden ('sanaistschara) für Saturn hat mich veranlaßt, meinen berühmten Freund Bopp zu befragen, ob überhaupt auch in den indischen Planetennamen, wie bei den Griechen und wahrscheinlich den Chaldaern, zwischen Göttern amen und beschreibenden Namen zu unterscheiden sei. Ich teile hier mit, was ich diesem großen Sprachforscher verdanke, lasse aber die Planeten nach ihren wirklichen Abständen von der Sonne wie in der obigen Tabelle (beginnend vom größten Abstande) folgen, nicht wie sie im Amarakoscha gereiht sind. Es gibt nach Sanskritbenennung in der That unter fünf Namen drei beschreibende: Saturn, Mars und Venus.

„Saturn: 'sanaistschara, von 'sanais, langsam, und tschara, gehend; auch 'sauri: eine Benennung des Wischnu (herstammend als Patronymikum von 'sûra, Großvater des Krischna) und 'sani. Der Planetenname 'sani-vâra für dies Saturni ist wurzelhaft verwandt mit dem Adverbium 'sanais, langsam. Die Benennungen der Wochentage nach Planeten scheint aber Amarasinha nicht zu kennen. Sie sind wohl späterer Einführung."

„Jupiter: Vrihaspati, oder nach älterer, vedischer Schreibart, der Lassen folgt, Brihaspati, Herr des Wachsens; eine vedische Gottheit, von vrih (brih), wachsen, und pati, Herr."

„Mars: angaraka (von angara, brennende Kohle); auch lohitânga, der Rotkörper; von lôhita, rot, und anga, Körper."

„Venus: ein männlicher Planet, der 'sukra heißt, d. i. der glänzende. Eine andere Benennung dieses Planeten ist daitya-guru, Lehrer, guru, der Titanen, Daityas."

„Merkur: Budha, nicht zu verwechseln als Planetenname mit dem Religionsstifter Buddha, auch Rauhinêya, Sohn der Nymphe Rohini, Gemahlin des Mondes (soma), weshalb der Planet bisweilen saumya heißt, ein Patronymikum vom Sanskritworte Mond. Die sprachliche Wurzel von budha, dem Planetennamen, und buddha, dem Heiligen, ist budh, wissen. Daß Wuotan (Wotan, Odin) im Zusammenhang mit Budha stehe, ist mir unwahrscheinlich. Die Vermutung gründet sich wohl hauptsächlich auf die äußerste Formähnlichkeit und auf die Uebereinstimmung der Benennung des Wochentages, dies Mercurii, mit dem altsächsischen Wôdanes-dag und dem indischen Budha vâra, d. i. Budhas-Tag. Vâra bedeutet ursprünglich Mal: z. B. in bahuvârân, vielmal; später kommt es am Ende eines Kompositums in der Bedeutung Tag vor. Den germanischen Wuotan leitet Jakob Grimm von dem Verbum watan, vuot (unserem waten) ab, welches bedeutet: meare, transmeare, cum impetu ferri, und buchstäblich dem lateinischen vadere entspreche. Wuotan, Odinn ist nach Jakob Grimm das allmächtige, alldurchdringende Wesen: qui omnia permeat, wie Lucan vom Jupiter sagt." Vergl. über den indischen Namen des Wochentages, über Budha und Buddha und die Wochentage überhaupt die Bemerkungen meines Bruders in seiner Schrift: Ueber die Verbindungen zwischen Java und Indien.

[9] (S. 301.) Salmasius sah in dem ältesten Planetenzeichen des Jupiter den Anfangsbuchstaben von Ζεύς, in dem des Mars eine Abkürzung des Beinamens Φώριος. Die Sonnenscheibe wurde als Zeichen durch einen schief und triangulär ausströmenden Strahlenbündel fast unkenntlich gemacht. Da die Erde, das philolaisch-pythagoreische System etwa abgerechnet, nicht den Planeten beigezählt wurde, so hält Letronne das Planetenzeichen der Erde „für später als Kopernikus in Gebrauch gekommen". — Die merkwürdige Stelle des Olympiodorus über die Weihung der Metalle an einzelne Planeten ist dem Proclus entlehnt und von Böckh aufgefunden worden. Vergl. für Olympiodorus: Aristot. Meteorol. ed. Ideler T. II. p. 163. Auch das Scholion zum Pindar, in welchem die Metalle mit den Planeten verglichen werden, gehört der neuplatonischen Schule an. Planetenzeichen sind nach derselben Verwandtschaft der Ideen nach und nach Metallzeichen, ja einzeln (wie Mercurius für Quecksilber, argentum vivum und hydrargyrus des Plinius) Metallnamen geworden. In der kostbaren griechischen Manuskriptensammlung der Pariser Bibliothek befinden sich über die kabbalistische sogenannte heilige Kunst zwei Handschriften, deren eine, ohne Planetenzeichen, die den Planeten geweihten Metalle aufführt, die andere aber, der Schrift nach aus dem 15. Jahrhundert (eine Art chemisches Wörterbuch), Namen der Metalle mit

einer geringen Anzahl von Planetenzeichen verbindet. In der Pariser Handschrift Nr. 2250 wird das Quecksilber dem Merkur, das Silber dem Monde zugeschrieben, wenn umgekehrt in Nr. 2329 dem Monde das Quecksilber und dem Jupiter das Zinn angehört. Letzteres Metall hat Olympiodorus dem Merkur beigelegt. So schwankend waren die mystischen Beziehungen der Weltkörper zu den Metallkräften.

Es ist hier der Ort, auch der Planetenstunden und der Planetentage in der kleinen siebentägigen Periode (Woche) zu erwähnen, über deren Alter und Verbreitung unter ferne Völker erst in der neuesten Zeit richtigere Ansichten aufgestellt worden sind. Die Aegypter haben ursprünglich, wie Lepsius erwiesen und Denkmäler bezeugen, welche bis in die ältesten Zeiten der großen Pyramidenbaue hinaufreichen, keine siebentägige, sondern zehntägige, der Woche ähnliche, kleine Perioden gehabt. Drei solcher Dekaden bildeten einen der zwölf Monate des Sonnenjahres. Wenn wir bei Dio Cassius lesen: „daß der Gebrauch, die Tage nach den sieben Planeten zu benennen, zuerst bei den Aegyptern aufgekommen sei, und sich vor nicht gar langer Zeit von ihnen zu allen übrigen Völkern verbreitet habe, namentlich zu den Römern, bei denen er nun schon ganz einheimisch sei", so muß man nicht vergessen, daß dieser Schriftsteller in der späten Zeit des Alexander Severus lebte, und es seit dem ersten Einbruche der orientalischen Astrologie unter den Cäsaren und bei dem frühen großen Verkehr so vieler Volksstämme in Alexandrien die Sitte des Abendlandes wurde, alles Altscheinende ägyptisch zu nennen. Am ursprünglichsten und verbreitetsten ist ohne Zweifel die siebentägige Woche bei den semitischen Völkern gewesen, nicht bloß bei den Hebräern, sondern selbst unter den arabischen Nomaden lange vor Mohammed. Ich habe einem gelehrten Forscher des semitischen Altertums, dem orientalischen Reisenden Professor Tischendorf zu Leipzig, die Fragen vorgelegt: ob in den Schriften des Alten Bundes sich außer dem Sabbath Namen für die einzelnen Wochentage (andere als der zweite und dritte Tag des schebua) finden? ob nicht irgendwo im Neuen Testamente zu einer Zeit, wo fremde Bewohner von Palästina gewiß schon planetarische Astrologie trieben, eine Planetenbenennung für einen Tag der siebentägigen Periode vorkommen? Die Antwort war: „Es fehlen nicht nur im Alten und Neuen Testamente alle Spuren für Wochentagsbenennung nach Planeten, sie fehlen auch in Mischna und Talmud. Man sagte auch nicht: der zweite oder dritte Tag des schebua, und zählte gewöhnlich die Tage des Monats, nannte auch den Tag vor dem Sabbath den sechsten Tag, ohne weiteren Zusatz. Das Wort Sabbath wurde auch geradezu auf die Woche übertragen, daher auch im Talmud für die einzelnen Wochentage: erster, zweiter, dritter des Sabbaths steht. Das Wort ἑβδομάς für schebua hat das Neue Testament nicht. Der Talmud, der freilich vom 2. bis in das 5. Jahrhundert seiner Redaktion nach reicht

hat beschreibende hebräische Namen für einzelne Planeten, für die glänzende Venus und den roten Mars. Darunter ist besonders merkwürdig der Name Sabbatai (eigentlich Sabbathstern) für Saturn, wie unter den pharisäischen Sternnamen, welche Epiphanius aufzählt, für den Planeten Saturn der Name Hochab Sabbath gebraucht wird. Ist dies nicht von Einfluß darauf gewesen, daß der Sabbathtag zum Saturntage wurde, Saturni sacra dies des Tibull? Eine andere Stelle des Tacitus erweitert den Kreis dieser Beziehungen auf Saturn als Planet und als eine traditionell-historische Person."

Die verschiedenen Lichtgestalten des Mondes haben gewiß früher die Aufmerksamkeit von Jäger- und Hirtenvölkern auf sich gezogen als astrologische Phantasieen. Es ist daher wohl mit Ideler anzunehmen, daß die Woche aus der Länge synodischer Monate entstanden ist, deren vierter Teil im Mittel 7⅜ Tage beträgt, daß dagegen Beziehungen auf die Planetenreihen (die Folge ihrer Abstände voneinander) samt den Planetenstunden und -tagen einer ganz anderen Periode fortgeschrittener, theoretisierender Kultur angehören.

Ueber die Benennung der einzelnen Wochentage nach Planeten und über die Reihung und Folge der Planeten:

Saturn,
Jupiter,
Mars,
Sonne,
Venus,
Merkur und
Mond,

nach dem ältesten und am meisten verbreiteten Glauben zwischen der Fixsternsphäre und der feststehenden Erde als Centralkörper, sind drei Meinungen aufgestellt worden: eine entnommen aus musikalischen Intervallen, eine andere aus der astrologischen Benennung der Planetenstunden, eine dritte aus der Verteilung von je drei Dekanen, oder drei Planeten, welche die Herren (domini) dieser Dekane sind, unter die zwölf Zeichen des Tierkreises. Die beiden ersten Hypothesen finden sich in der merkwürdigen Stelle des Dio Cassius, in welcher er erläutern will, warum die Juden den Tag des Saturn (unseren Sonnabend) nach ihrem Gesetze feiern. „Wenn man," sagt er, „das musikalische Intervall, welches διὰ τεσσάρων, die Quarte, genannt wird, auf die sieben Planeten nach ihren Umlaufszeiten anwendet, und dem Saturn, dem äußersten von allen, die erste Stelle anweist, so trifft man zunächst auf den vierten (die Sonne), dann auf den siebenten (den Mond), und erhält so die Planeten in der Ordnung, wie sie als Namen der Wochentage aufeinander folgen." Die zweite Erklärung des Dio Cassius ist von der periodischen Reihe der Planetenstunden her-

genommen. „Wenn man," setzt er hinzu, „die Stunden des Tages und der Nacht von der ersten (Tagesstunde) zu zählen beginnt, diese dem Saturn, die folgende dem Jupiter, die dritte dem Mars, die vierte der Sonne, die fünfte der Venus, die sechste dem Merkur, die siebente dem Monde beilegt, nach der Ordnung, welche die Aegypter den Planeten anweisen, und immer wieder von vorn anfängt, so wird man, wenn man alle 24 Stunden durchgegangen ist, finden, daß die erste des folgenden Tages auf die Sonne, die erste des dritten auf den Mond, kurz die erste eines jeden Tages auf den Planeten trifft, nach welchem der Tag benannt wird." Ebenso nennt Paulus Alexandrinus, ein astronomischer Mathematiker des 4. Jahrhunderts, den Regenten jedes Wochentages denjenigen Planeten, dessen Name auf die erste Tagesstunde fällt.

Diese Erklärungsweise von den Benennungen der Wochentage ist bisher sehr allgemein für die richtigere angesehen worden; aber Letronne, gestützt auf den im Louvre aufbewahrten, lange vernachlässigten Tierkreis des Bianchini, auf welchen ich selbst im Jahre 1812 die Archäologen wegen der merkwürdigen Verbindung eines griechischen und kirgisisch-tatarischen Tierkreises wiederum aufmerksam gemacht habe, hält eine dritte Erklärungsart, die Verteilung von je drei Planeten auf ein Zeichen des Tierkreises, für die entsprechendste. Diese Planetenverteilung unter die 36 Dekane der Dodekatomerie ist ganz die, welche Julius Firmicus Maternus als „Signorum decani eorumque domini" beschreibt. Wenn man in jedem Zeichen den Planeten sondert, welcher der erste der drei ist, so erhält man die Folge der Planetentage in der Woche. (**Jungfrau**: Sonne, Venus, Merkur; **Wage**: Mond, Saturn, Jupiter; **Skorpion**: Mars, Sonne, Venus; **Schütze**: Merkur .... können hier als Beispiel dienen für die vier ersten Wochentage; *dies Solis, Lunae, Martis, Mercurii.*) Da nach Diodor die Chaldäer ursprünglich nur fünf Planeten (die sternartigen), nicht sieben zählten, so scheinen alle hier aufgeführten Kombinationen, in denen mehr als fünf Planeten periodische Reihen bilden, wohl nicht eines altchaldäischen, sondern vielmehr sehr späten astrologischen Ursprunges zu sein.

Ueber die Konkordanz der Reihung der Planeten als Wochentage mit ihrer Reihung und Verteilung unter die Dekane in dem Tierkreis von Bianchini wird es vielleicht einigen Lesern willkommen sein, hier noch eine ganz kurze Erläuterung zu finden. Wenn man in der im Altertum geltenden Planetenordnung jedem Weltkörper einen Buchstaben gibt (Saturn a, Jupiter b, Mars c, Sonne d, Venus e, Merkur f, Mond g) und aus diesen sieben Gliedern die periodische Reihe

a b c d e f g, a b c d...

bildet, so erhält man 1) durch Ueberspringung von zwei Gliedern, bei der Verteilung unter die Dekane, deren jeder drei Planeten

umfaßt (von welchen der erste jeglichen Zeichens im Tierkreise dem Wochentage seinen Namen gibt), die neue periodische Reihe

a d g c f b e, a d g c ...

das ist: Dies Saturni, Solis, Lunae, Martis u. s. f.; 2) dieselbe neue Reihe

a d g c ....

durch die von Dio Cassius angegebene Methode der 24 Planetenstunden, nach welcher die aufeinander folgenden Wochentage ihren Namen von dem Planeten entlehnen, welcher die erste Tagesstunde beherrscht, so daß man also abwechselnd ein Glied der periodischen, siebengliederigen Planetenreihe zu nehmen und 23 Glieder zu überspringen hat. Nun ist es bei einer periodischen Reihe gleichgültig, ob man eine gewisse Anzahl von Gliedern, oder diese Anzahl um irgend ein Multiplum der Gliederzahl der Periode (hier sieben) vermehrt, überspringt. Ein Ueberspringen von 23 (= 3 . 7 + 2) Gliedern in der zweiten Methode, der der Planetenstunden, führt also zu demselben Resultate als die erste Methode der Dekane, in welcher nur zwei Glieder übersprungen wurden.

Es ist schon oben auf die merkwürdige Aehnlichkeit zwischen dem vierten Wochentage, dies Mercurii, dem indischen Budhavâra und dem altsächsischen Wôdanes-dag hingewiesen worden. Die von William Jones behauptete Identität des Religionsstifters Buddha und des in nordischen Heldensagen wie in der nordischen Kulturgeschichte berühmten Geschlechtes von Odin oder Wuotan und Wotan wird vielleicht noch mehr an Interesse gewinnen, wenn man sich des Namens Wotan, einer halb mythischen, halb historischen Person, in einem Teil des neuen Kontinents erinnert, über die ich viele Notizen in meinem Werke über Monumente und Mythen der Eingeborenen von Amerika zusammengetragen habe. Dieser amerikanische Wodan ist nach den Traditionen der Eingeborenen von Chiapas und Soconusco Enkel des Mannes, welcher bei der großen Ueberschwemmung sich in einem Nachen rettete und das Menschengeschlecht erneuerte; er ließ große Bauwerke aufführen, während welcher (wie bei der mexikanischen Pyramide von Cholula) Sprachenverwirrung, Kampf und Zerstreuung der Volksstämme erfolgten. Sein Name ging auch (wie der Odinsname im germanischen Norden) in das Kalenderwesen der Eingeborenen von Chiapas über. Nach ihm wurde eine der fünftägigen Perioden genannt, deren vier den Monat der Chiapaneken wie der Azteken bildeten. Während bei den Azteken die Namen und Zeichen der Tage von Tieren und Pflanzen hergenommen waren, bezeichneten die Eingeborenen von Chiapas (eigentlich Teochiapan) die Monatstage durch die Namen von 20 Anführern, welche, aus dem Norden kommend, sie so weit südlich geführt hatten. Die vier heldenmütigsten: Wotan oder Wodan, Lambat, Veen und Chinax eröffneten die kleinen Perioden fünftägiger Wochen, wie bei den Azteken die Symbole der vier Elemente. Wotan

und die anderen Heerführer waren unstreitig aus dem Stamme der im 7. Jahrhundert einwandernden Tolteken. Ixtlilxochitl (sein christlicher Name war Fernando de Alva), der erste Geschichtschreiber seines, des aztekischen Volkes, sagt bestimmt in den Handschriften, die er schon im Anfange des 16. Jahrhunderts anfertigte, daß die Provinz Teoantapan und ganz Guatemala von einer Küste zur anderen von Tolteken bevölkert wurden; ja im Anfang der spanischen Eroberung lebte noch im Dorfe Teopixca eine Familie, welche sich rühmte, von Wotan abzustammen. Der Bischof von Chiapas, Francisco Nuñez de la Vega, der in Guatemala einem Provinzialkonzilium vorstand, hat in seinem Preambulo de las Constituciones diocesanas viel über die amerikanische Wotanssage gesammelt. Ob die Sage von dem ersten skandinavischen Odin (Odinn, Othinus) oder Wuotan, welcher von den Ufern des Don eingewandert sein soll, eine historische Grundlage habe, ist ebenfalls noch sehr unentschieden. Die Identität des amerikanischen und skandinavischen Wotan, freilich nicht auf bloße Namensähnlichkeit gegründet, ist noch ebenso zweifelhaft als die Identität von Wuotan (Odinn) und Buddha oder die der Namen des indischen Religionsstifters und des Planeten Budha.

Die Existenz einer siebentägigen peruanischen Woche, welche so oft als eine semitische Aehnlichkeit der Zeiteinteilung in beiden Kontinenten angeführt wird, beruht, wie schon der Pater Acosta, der bald nach der spanischen Eroberung Peru besuchte, bewiesen hat, auf einem bloßen Irrtum, und der Inka Garcilaso de la Vega berichtigt selbst seine frühere Angabe, indem er deutlich sagt, daß in jedem der Monate, die nach dem Monde gerechnet wurden, drei Festtage waren, und daß das Volk acht Tage arbeiten solle, um am neunten auszuruhen. Die sogenannten peruanischen Wochen waren also von neun Tagen.

[7] (S. 304.) In der Geschichte der Entdeckungen muß man die Epoche, in der eine Entdeckung gemacht wurde, von der ersten Veröffentlichung derselben unterscheiden. Durch Nichtachtung dieses Unterschiedes sind verschiedene und irrige Zahlen in astronomische Handbücher übergegangen. So z. B. hat Huygens den sechsten Saturnustrabanten, Titan, am 25. März 1655 entdeckt und die Entdeckung erst am 5. März 1656 veröffentlicht. Huygens, welcher seit dem Monat März 1655 sich ununterbrochen mit dem Saturn beschäftigte, genoß schon der vollen unzweifelhaften Ansicht des offenen Ringes am 17. Dezember 1657, publizierte aber seine wissenschaftliche Erklärung aller Erscheinungen (Galilei hatte an jeder Seite des Planeten nur zwei abstehende, kreisrunde Scheiben zu sehen geglaubt) erst im Jahre 1659.

[8] (S. 311.) Die Planetenfolge, welche, wie wir eben gesehen (Anm. 9), zu der Benennung der Wochentage nach Planetengöttern Anlaß gegeben hat, die des Geminus, wird bestimmt von Ptolemäus die älteste genannt. Er tadelt die Motive, nach

denen „die Neueren Venus und Merkur jenseits der Sonne gesetzt haben".

[12] (S. 312.) Die Pythagoreer behaupten, um die Wirklichkeit der durch den Sphärenumschwung hervorgebrachten Töne zu rechtfertigen, man höre nur da, wo sich Abwechselung von Laut und Schweigen finde. Auch durch Betäubung wurde das Nichthören der Sphärenmusik entschuldigt. Aristoteles selbst nennt die pythagoreische Tonmythe artig und geistreich (χομψῶς καὶ περιττῶς), aber unwahr.

[13] (S. 312.) Er schätzt die Planetenabstände nach zwei ganz verschiedenen Progressionen, einer durch Verdoppelung, der anderen durch Verdreifachung, woraus die Reihe 1 . 2 . 3 . 4 . 9 . 8 . 27 entsteht. Es ist dieselbe Reihe, welche man im Timäus findet, da, wo von der arithmetischen Teilung der Weltseele (p. 35 Steph.), welche der Demiurgus vornimmt, gehandelt wird. Plato hat nämlich die beiden geometrischen Progressionen 1 . 2 . 4 . 8 und 1 . 3 . 9 . 27 zusammen betrachtet, und so abwechselnd jede nächstfolgende Zahl aus einer der zwei Reihen genommen, woraus die oben angeführte Folge 1 . 2 . 3 . 4 . 9 . . . . . entsteht.

[14] (S. 312.) S. die scharfsinnige Schrift des Prof. Ferdinand Piper: von der Harmonie der Sphären 1850, S. 12—18. Das vermeintliche Verhältnis von sieben Vokalen der altägyptischen Sprache zu den sieben Planeten, und Gustav Seyffarths, schon durch Zoegas und Tölkens Untersuchungen widerlegte Auffassung von astrologischen vokalreichen Hymnen ägyptischer Priester, nach Stellen des Pseudo-Demetrius Phalereus (vielleicht Demetrius aus Alexandrien), einem Epigramme des Eusebius und einem gnostischen Manuskripte in Leiden, ist von Ideler dem Sohne umständlich und mit kritischer Gelehrsamkeit behandelt worden.

[15] (S. 313.) Tycho hat die kristallenen Sphären, in welche die Planeten eingeheftet sind, vernichtet. Kepler lobt das Unternehmen, aber er beharrt doch bei der Vorstellung, daß die Fixternsphäre eine feste Kugelschale von zwei deutschen Meilen (14,2 km) Dicke sei, an der zwölf Fixsterne erster Größe glänzen, die alle in gleicher Weite von uns stehen und eine eigene Beziehung zu den Ecken eines Ikosaeders haben. Die Fixsterne lumina sua ab intus emittunt; auch die Planeten hielt er lange für selbstleuchtend, bis ihn Galilei eines Bessern belehrte! Wenn er auch, wie mehrere unter den Alten und Giordano Bruno, alle Fixsterne für Sonnen wie die unserige hielt, so war er doch der Meinung, die er erwogen, daß alle Fixsterne von Planeten umgeben seien, nicht so zugethan, als ich früher behauptet habe.

[16] (S. 313.) Erst im Jahre 1821 hat Delambre in seinen astronomisch, aber nicht astrologisch vollständigen Auszügen aus Keplers sämtlichen Werken auf den Planeten aufmerksam gemacht, den Kepler zwischen Merkur und Venus vermutete. „On n'a fait aucune attention à cette supposition de Kepler, quand on a

formé des projets de découvrir la planète qui (selon une autre de ses prédictions) devait circuler entre Mars et Jupiter."

[17] (S. 313.) Die merkwürdige Stelle über eine auszufüllende Kluft (hiatus) zwischen Mars und Jupiter findet sich in Keplers Prodromus Dissertationum cosmographicarum, continens Mysterium cosmographicum de admirabili proportione orbium coelestium, 1596. p. 7: „Cum igitur hac non succederet, alia via, mirum quam audaci, tentavi aditum. Inter Jovem et Martem interposui novum Planetam, itemque alium inter Venerem et Mercurium, quos duos forte ob exilitatem non videamus, iisque sua tempora periodica ascripsi. Sic enim existimabam me aliquam aequalitatem proportionum effecturum, quae proportiones inter binos versus Solem ordine minuerentur, versus fixas augescerent: ut propior est Terra Veneri in quantitate orbis terrestris, quam Mars Terrae, in quantitate orbis Martis. Verum hoc pacto neque unius planetae interpositio sufficiebat ingenti hiatui Jovem inter et Martem; manebat enim Major Jovis ad illum novum proportio, quam est Saturni ad Jovem . . . Rursum alio modo exploravi . . ." Kepler war 25 Jahre alt, da er dies schrieb. Man sieht, wie sein beweglicher Geist Hypothesen aufstellte und schnell wieder verließ, um sie mit anderen zu vertauschen, Immer blieb ihm ein hoffnungsvolles Vertrauen, selbst da Zahlengesetze zu entdecken, wo unter den mannigfaltigsten Störungen der Attractionskräfte (Störungen, deren Kombination, wie so viel in der Natur Geschehenes und Gestaltetes, wegen Unbekanntschaft mit den begleitenden Bedingungen inhaltulabel ist) die Materie sich in Planetenkugeln geballt hat, kreisend: bald einzeln, in einfachen, untereinander fast parallelen, bald gruppenweise, in wunderbar verschlungenen Bahnen.

[18] (S. 314.) Newtoni Opuscula mathematica, philosophica et philologica 1744. T. II. Opusc. XVIII. p. 246: „Chordam musicae divisam potius adhibui, non tantum quod cum phaenomenis (lucis) optime convenit, sed quod fortasse aliquid circa colorum harmonias (quarum pictores non penitus ignari sunt), sonorum concordantiis fortasse analogas, involvat. Quemadmodum verisimilius videbitur animadvertentia affinitatem, quae est inter extimam Purpuram (Violarum colorem) ac Rubedinem, Colorum extremitates, qualis inter octavae terminos (qui pro unisonis quodammodo haberi possunt) reperitur . . . ."

[19] (S. 314.) Seneca, Nat. Quaest. VII, 13: „non has tantum stellas quinque discurrere, sed solas observatas esse: ceterum innumerabiles ferri per occultum."

[20] (S. 314.) Da mich die Erklärungen, welche von dem Ursprunge der im Altertum so weit verbreiteten astronomischen Mythe der Proselenen Heyne gegeben hat, nicht befriedigen konnten, so war es mir eine große Freude, von meinem scharfsinnigen philo-

logischen Freunde, Professor Johannes Franz, durch einfache Ideenkombination eine neue und sehr glückliche Lösung des vielbehandelten Problems zu erhalten. Es hängt diese Lösung weder mit den Kalendereinrichtungen der Arkader noch mit ihrem Mondkultus zusammen. Ich beschränke mich hier auf den Auszug einer unedierten, mehr umfassenden Arbeit. In einem Werke, in welchem ich mir zum Gesetz gemacht habe, recht oft die Gesamtheit unseres jetzigen Wissens an das Wissen des Altertums, ja an wirkliche oder wenigstens von vielen geglaubte Traditionen anzuknüpfen, wird diese Erläuterung einem Teil meiner Leser nicht unwillkommen sein.

„Wir beginnen mit einigen Hauptstellen, die bei den Alten von den Proselenen handeln. Stephanus von Byzanz (v. Ἀρκάς) nennt den Logographen Hippys aus Rhegium, einen Zeitgenossen von Darius und Xerxes, als den ersten, der die Arkader προσελήνους genannt habe. Die Scholiasten ad Apollon. Rhod. IV, 264 und ad Aristoph. Nub. 397 sagen übereinstimmend: Das hohe Altertum der Arkader erhellet am meisten daraus, daß sie προσέληνοι hießen. Sie scheinen vor dem Monde dagewesen zu sein, wie denn auch Eudorus und Theodorus sagen; letzterer fügt hinzu, es sei kurz vor dem Kampfe des Herkules der Mond erschienen. In der Staatsverfassung der Tegeaten meldet Aristoteles, die Barbaren, welche Arkadien bewohnten, seien von den späteren Arkadern vertrieben worden, ehe der Mond erschien; darum sie auch προσέληνοι genannt worden. Andere sagen, Endymion habe die Umläufe des Mondes entdeckt; da er aber ein Arkader war, seien die Arkader nach ihm προσέληνοι genannt worden. Tadelnd spricht sich Lucian aus. Nach ihm sagen aus Unverstand und aus Thorheit die Arkader, sie seien früher dagewesen als der Mond. In Schol. ad. Aeschyl. Prom. 436 wird bemerkt: προσελούμενον heiße ὁρμιζόμενον, woher denn auch die Arkader προσέληνοι genannt werden, weil sie übermütig sind. Die Stellen des Ovidius über das vormondliche Dasein der Arkader sind allgemein bekannt. — In neuester Zeit ist sogar der Gedanke aufgetaucht, das ganze Altertum habe sich von der Form προσέληνοι täuschen lassen, das Wort (eigentlich πρόελληνοι) bedeute bloß vorhellenisch, da allerdings Arkadien ein pelasgisches Land sei.

„Wenn nun nachgewiesen werden kann," fährt Professor Franz fort, „daß ein anderes Volk seine Abstammung mit einem anderen Gestirn in Verbindung brachte, so wird man der Mühe überhoben, zu täuschenden Etymologieen seine Zuflucht zu nehmen. Diese Art des Nachweises ist aber in bester Form vorhanden. Der gelehrte Rhetor Menander (um das Jahr 270 nach Chr.) sagt wörtlich in seiner Schrift De encomiis wie folgt: Als drittes Moment für das Loben des Gegenstandes gilt die Zeit; dies ist bei allem Aeltesten der Fall; wenn wir aussagen von einer Stadt oder von einem Lande, sie seien angebaut worden vor dem und dem Gestirn, oder mit den Gestirnen, vor der Ueberschwemmung oder nach der Ueberschwemmung; wie die Athener behaupten, sie seien mit der Sonne

entstanden, die Arkader vor dem Monde, die Delpher gleich nach der Ueberschwemmung; denn dies sind Absätze und gleichsam Anfangspunkte in der Zeit.

„Also Delphi, dessen Zusammenhang mit der Deukalionischen Flut auch sonst bezeugt ist, wird von Arkadien, Arkadien wird von Athen übertroffen. Ganz übereinstimmend hiermit drückt sich der ältere Muster nachahmende Apollonius Rhodius IV. 261 aus, wo er sagt, Aegypten sei vor allen anderen Ländern bewohnt gewesen: ‚Noch nicht kreisten am Himmel die Gestirne alle; noch waren die Danaer nicht da, nicht das Deukalionische Geschlecht; vorhanden waren nur die Arkader, die, von denen es heißt, daß sie vor dem Monde lebten, Eicheln essend auf den Bergen.' Ebenso sagt Nonnus XLI von dem syrischen Beroë, es sei vor der Sonne bewohnt gewesen.

„Eine solche Gewohnheit, aus Momenten der Weltkonstruktion Zeitbestimmungen zu entnehmen, ist ein Kind der Anschauungsperiode, in welcher alle Gebilde noch mehr Lebendigkeit haben, und gehört zunächst der genealogischen Lokalpoesie an. So ist es selbst nicht unwahrscheinlich, daß die durch einen arkadischen Dichter besungene Sage von dem Gigantenkopf in Arkadien, auf welche sich die oben angeführten Worte des alten Theodorus beziehen (den einige für einen Samothraken halten und dessen Werk sehr umfangreich gewesen sein muß), Veranlassung zur Verbreitung des Epithetons προσέληνοι für die Arkader gegeben habe."

Ueber den Doppelnamen: „Arkades Pelasgoi" und den Gegensatz einer älteren und jüngeren Bevölkerung Arkadiens vergl. die vortreffliche Schrift: „Der Peloponnesos" von Ernst Curtius, 1851, S. 160 und 180. Auch im neuen Kontinent finden wir, wie ich an einem anderen Orte gezeigt, auf der Hochebene von Bogota den Völkerstamm der Muyscas oder Mozcas, welcher in seinen historischen Mythen sich eines proseleniſchen Alters rühmte. Die Entstehung des Mondes hängt mit der Sage einer großen Flut zusammen, welche ein Weib, das den Wundermann Botschika begleitete, durch ihre Zaubertünste veranlaßt hatte. Botschika verjagte das Weib (Huythaca oder Schia genannt). Sie verließ die Erde und wurde der Mond, „welcher bis dahin den Muyscas noch nicht geleuchtet hatte". Botschika, des Menschengeschlechtes sich erbarmend, öffnete mit starker Hand eine steile Felswand bei Canoas, wo der Rio de Funzha sich jetzt im berufenen Wasserfall des Tequendama herabstürzt. Das mit Wasser gefüllte Thalbecken wurde dadurch trocken gelegt — ein geognostischer Roman, der sich oft wiederholt, z. B. im geschlossenen Alpenthal von Kaschmir, wo der mächtige Entwässerer Kasyapa heißt.

[21] (S. 316.) Da, nach Titius, den Abstand von der Sonne zum Saturn, damals dem äußersten Planeten, = 100 gesetzt, die einzelnen Abstände sein sollen:

Merkur	Venus	Erde	Mars	Kl. Plan.	Jupiter
$\frac{4}{100}$	$\frac{7}{100}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{16}{100}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{52}{100}$

nach der sogenannten Progression: $4, 4+3, 4+6, 4+12, 4+24, 4+48$, so ergeben sich, wenn man die Entfernung des Saturn von der Sonne zu 197,3 Millionen geographischen Meilen [sie schwankt wegen der Exzentrizität seiner Bahn zwischen 1330 und 1450 Mill. km. D. Herausg.] anschlägt, in demselben Meilenmaße von der Sonne:

Abstände nach Titius in geogr. Meilen		wirkliche Abstände in geogr. Meilen	
Merkur	7,9 Millionen	8,0	Millionen
Venus	13,8 „	15,0	„
Erde	19,7 „	20,7	„
Mars	31,5 „	31,5	„
Kl. Plan. . . .	55,2 „	55,2	„
Jupiter . . .	102,6 „	107,5	„
Saturn . . .	197,3 „	197,3	„
Uranus . . .	396,7 „	396,7	„
Neptun	765,5 „	621,2	„

[22] (S. 316.) Mit der numerischen Korrektion von Wurm heißt die Reihe nach Entfernungen von der Sonne:

Merkur	387	Teile		
Venus	387	+	293 =	680
Erde	387	+	2.293 =	973
Mars	387	+	4.293 =	1559
Kl. Plan.	387	+	8.293 =	2731
Jupiter	387	+	16.293 =	5075
Saturn	387	+	32.293 =	9763
Uranus	387	+	64.293 =	19139
Neptun	387	+	128.293 =	37891

Damit man den Grad der Genauigkeit dieser Resultate prüfen könne, folgen in der nächsten Tafel noch einmal die wirklichen mittleren Abstände der Planeten, wie man sie jetzt anerkennt, mit Beifügung der Zahlen, welche Kepler nach den Tychonischen Beobachtungen vor drittehalbhundert Jahren für die wahren hielt. Ich entlehne letztere der Schrift Newtons, De Mundi Systemate.

Planeten	Wirkliche Abstände	Resultate von Kepler
Merkur	0,38709	0,38806
Venus	0,72333	0,72400
Erde	1,00000	1,00000
Mars	1,52369	1,52350
Juno	2,66870	. . . . .
Jupiter	5,20277	5,19659
Saturn	9,53885	9,51000
Uranus	19,18239	. . . . .
Neptun	30,03628	. . . . .

[23] (S. 318.) Die Sonne, welche Kepler, wahrscheinlich aus Enthusiasmus für die divina inventa seines mit Recht berühmten Zeitgenossen William Gilbert für magnetisch hielt, und deren Rotation in derselben Richtung wie die Planeten er behauptete, ehe noch die Sonnenflecken entdeckt waren; die Sonne erklärt Kepler für den „dichtesten aller Weltkörper, weil er die übrigen alle, die zu seinem Systeme gehören, bewegt."

[24] (S. 318.) Newton, De Mundi Systemate in Opusculis T. II, p. 17: „Corpora Veneris et Mercurii majore Solis calore magis concocta et coagulata sunt. Planetae ulteriores, defectu caloris, carent substantiis illis metallicis et mineris ponderosis quibus Terra referta est. Densiora corpora quae Soli propiora: ea ratione constabit optime pondera Planetarum omnium esse inter se ut vires."

[25] (S. 323.) „L'étendue entière de cette variation serait d'environ 12 degrés, mais l'action du Soleil et de la Lune la réduit à peu près à trois degrés (centésimaux)." Laplace, Exposition du Système du Monde p. 303.

[26] (S. 323.) Ich habe an einem anderen Orte, durch Vergleichung mittlerer Jahrestemperaturen, gezeigt, daß in Europa vom Nordkap bis Palermo dem Unterschied eines geographischen Breitengrades sehr nahe 0,5° des hunderttheiligen Thermometers, in dem westlichen Temperatursysteme von Amerika aber (zwischen Boston und Charlestown) 0,9° entsprechen.

[27] (S. 325.) Die Mexikaner hatten unter ihren 20 hieroglyphischen Tageszeichen ein besonders geehrtes, ollin-tonatiuh, das der vier Sonnenbewegungen, genannt, welches dem großen, alle $52 = 4 \times 13$ erneuerten Cyklus vorstand und sich auf den hieroglyphisch durch Fußstapfen ausgedrückten Weg der Sonne, die Solstitien und Aequinoktien durchschneidend, bezog. In dem schön gemalten aztekischen Manuskripte, das vormals in der Villa des Kardinals Borgia zu Veletri aufbewahrt ward und aus dem

ich viel Wichtiges entlehnt, befindet sich das merkwürdige astrologische Zeichen eines Kreuzes, dessen beigeschriebene Tageszeichen die Durchgänge der Sonne durch den Zenith der Stadt Mexiko (Tenochtitlan), den Aequator und die Solstitialpunkte vollständig bezeichnen würden, wenn die den Tageszeichen wegen der periodischen Reihen beigefügten Punkte (runde Scheiben) in allen drei Durchgängen der Sonne gleich vollzählig wären. Der der Sternbeobachtung leidenschaftlich ergebene König von Tezcuco, Nezahualpilli (ein Fastenkind genannt, weil der Vater lange vor der Geburt des erwünschten Sohnes fastete), hatte ein Gebäude errichtet, das Torquemada etwas kühn eine Sternwarte nennt und dessen Trümmer er noch sah. In der Raccolta di Mendoza sehen wir einen Priester dargestellt, welcher die Sterne beobachtet: was durch eine punktierte Linie ausgedrückt ist, die vom beobachteten Stern zu seinem Auge geht.

[28] (S. 327.) „Il s'ensuit (du théorème dû à Lambert) que la quantité de chaleur envoyée par le Soleil à la Terre est la même en allant de l'équinoxe du printems à l'équinoxe d'automne qu'en revenant de celui-ci au premier. Le temps plus long que le Soleil emploie dans le premier trajet, est exactement compensé par son éloignement aussi plus grand; et les quantités de chaleur qu'il envoie à la Terre, sont les mêmes pendant qu'il se trouve dans l'un ou l'autre hémisphère, boréal ou austral." Poisson, Sur la stabilité du système planétaire in der Connaissance des temps pour 1836. p. 54.

[29] (S. 327.) „L'excentricité," sagt Poisson, ayant toujours été et devant toujours demeurer très petite, l'influence des variations séculaires de la quantité de chaleur solaire reçue par la Terre sur la température moyenne paraît aussi devoir être très limitée. — On ne saurait admettre que l'excentricité de la Terre, qui est actuellement environ un soixantième, ait jamais été ou devienne jamais un quart, comme celle de Junon ou de Pallas."

[30] (S. 330.) S. Mädlers Versuch, den Durchmesser der Vesta (66 geographische Meilen?) bei 1000maliger Vergrößerung zu bestimmen, in seiner Astronomie S. 218.

[31] (S. 331.) In der früheren Ausgabe (Kosmos Bd. I, S. 70 war der Aequatorialhalbmesser des Saturn zum Grunde gelegt.

[32] (S. 331.) Ich habe im Naturgemälde von der translatorischen Bewegung der Sonne umständlich gehandelt Kosmos Bd. I, S. 102 bis 104.

Spezielle Aufzählung der Planeten und ihrer Monde, als Teile des Sonnengebiets.

Es ist, wie ich schon mehrmals erinnert, der besondere Zweck einer *physischen Weltbeschreibung*, alle wichtigen, in der Mitte des 19. Jahrhunderts genauer ergründeten numerischen Resultate in dem *siderischen* wie in dem *tellurischen* Gebiete der Erscheinungen zusammenzustellen. Das Gestaltete und Bewegte wird hier als ein *Geschaffenes*, *Daseiendes*, *Gemessenes* geschildert. Die Gründe, auf welchen die erlangten numerischen Resultate beruhen, die kosmogonischen Vermutungen, welche seit Jahrtausenden nach den wechselnden Zuständen des mechanischen und physikalischen Wissens über das *Werden* entstanden sind, gehören im strengeren Sinne des Wortes nicht in den Bereich dieser empirischen Untersuchungen.

Sonne.

Was sowohl die Dimensionen als die dermaligen Ansichten über die physische Beschaffenheit des Centralkörpers betrifft, ist schon oben (Kosmos Bd. III, S. 267 bis 268 angegeben worden. Es bleibt hier nur übrig, nach den neuesten Beobachtungen noch einiges über die *roten Gestalten* und *roten Wolkenmassen* hinzuzufügen, deren S. 275 besondere Erwähnung geschah. Die wichtigen Erscheinungen, welche die totale Sonnenfinsternis vom 28. Juli 1851 im östlichen Europa dargeboten, haben die schon von Arago 1842 angeregte Meinung, daß die roten berg- oder wolkenartigen *Hervorragungen* am Rande der verfinsterten Sonne zu der gasartigen äußersten Umhüllung des Centralkörpers gehören, noch mehr bekräftigt. Es sind diese Hervorragungen von dem westlichen Mondrande *aufgedeckt* worden, je nachdem in seiner Bewegung der Mond gegen Osten fortgerückt ist (Annuaire du Bureau des Longitudes 1842, p. 457):

dagegen sind sie wieder verschwunden, wenn sie an der entgegenstehenden Seite durch den östlichen Mondrand verdeckt wurden.

Die Intensität des Lichtes jener Randerhebungen ist abermals so beträchtlich gewesen, daß man sie durch dünne Wolken verschleiert in Fernröhren, ja selbst mit bloßen Augen innerhalb der Corona hat erkennen können.

Die Gestalt der meist rubin- oder pfirsichroten Erhebungen hat sich (bei einigen derselben) während der Totalfinsternis sichtbar schnell verändert; eine dieser Erhebungen ist an ihrem Gipfel gekrümmt erschienen und hat, wie eine oben umgebogene Rauchsäule, vielen Beobachtern in der Nähe der Spitze ein frei schwebendes, abgesondertes Gewölk [1] gezeigt. Die Höhe dieser Hervorragungen wurde meist 1′ bis 2′ geschätzt, an einem Punkte soll sie mehr betragen haben. Außer diesen zapfenartigen Erhebungen, deren man drei bis fünf gezählt, wurden auch karminrote, langgestreckte, bandartige, wie auf dem Mondrande anliegende, oft gezähnte, niedrige Streifen gesehen. [2]

Man hat wieder deutlichst, besonders beim Austritt, den Teil des Mondrandes erkennen können, welcher sich nicht [3] auf die Sonnenscheibe projizierte.

Eine Gruppe von Sonnenflecken war sichtbar, doch einige Minuten von dem Sonnenrande entfernt, da, wo die größte hakenförmige rote Gibbosität entstand. Gegenüber, unweit der matten östlichen Hervorragung, war ebenfalls nahe am Rande ein Sonnenflecken. Diese trichterförmigen Vertiefungen können wegen des erwähnten Abstandes wohl nicht das Material zur roten gasartigen Exhalation hergegeben haben; aber weil bei starker Vergrößerung die ganze Oberfläche der Sonne sichtbar Poren zeigt, so ist doch wohl die Vermutung am wahrscheinlichsten, daß dieselbe Dampf- und Gasemanation, welche, von dem Sonnenkörper aufsteigend, die Trichter bildet, durch diese, welche uns als Sonnenflecken erscheinen oder durch kleinere Poren sich ergießt und, erleuchtet, unserem Auge rote, vielgestaltete Dampfsäulen und Wolken in der dritten Sonnenumhüllung darbietet.

Merkur.

Wenn man sich erinnert, wieviel seit den frühesten Zeiten die Aegypter sich mit dem Merkur (Set—Horus) und die Inder mit ihrem Budha beschäftigt haben, wie unter

dem heiteren Himmel von Westarabien der Sterndienst in dem Stamme der Asediten ausschließlich auf den Merkur gerichtet war, ja wie Ptolemäus im 9. Buche des Almagest 14 Beobachtungen dieses Planeten benutzen konnte, die bis 261 Jahre vor unserer Zeitrechnung hinaufreichen und teilweise den Chaldäern gehören, so ist man allerdings verwundert, daß Kopernikus, welcher das 70. Jahr erreicht hat, sich auf seinem Sterbebette beklagte, so viel er sich bemühet, den Merkur nie gesehen zu haben. Doch bezeichneten die Griechen mit Recht diesen Planeten wegen seines bisweilen so intensiven Lichtes mit dem Namen des stark funkelnden (στιλβων). Er bietet Phasen (wechselnde Lichtgestalten) dar wie Venus, und erscheint uns auch wie diese als Morgen- und Abendstern.

Merkur ist in seiner mittleren Entfernung wenig über 8 Millionen geographischer Meilen (57 409 000 km) von der Sonne entfernt, genau 0,3870938 Teile des mittleren Abstandes der Erde von der Sonne. Wegen der starken Exzentrizität seiner Bahn (0,2056163) wird die Entfernung des Merkur von der Sonne im Perihel $6^1/_4$ (45 Mill. km), im Aphel 10 Mill. Meilen (69 Mill. km). Er vollführt seinen Umlauf um die Sonne in 87 mittleren Erdentagen und $23^h\ 15'\ 46''$. Durch die wenig sichere Beobachtung der Gestalt von dem südlichen Horn der Sichel und durch Auffindung eines dunkeln Streifens, welcher gegen Osten am schwärzesten war, haben Schröter und Harting die Rotation zu $24^h\ 5'$ geschätzt.

Nach Bessels Bestimmungen bei Gelegenheit des Merkurdurchganges vom 5. Mai 1832 beträgt der wahre Durchmesser 671 geogr. Meilen (4800 km), d. i. 0,391 Teile des Erddurchmessers.[4]

Die Masse des Merkur war von Lagrange nach sehr gewagten Voraussetzungen über die Reciprozität des Verhältnisses der Dichtigkeit und Abstände bestimmt worden. Durch den Enckischen Kometen von kurzer Umlaufszeit wurde zuerst ein Mittel gegeben, dieses wichtige Element zu verbessern. Diese Masse des Planeten wird von Encke als $\frac{1}{4865751}$ der Sonnenmasse oder etwa $\frac{1}{13,7}$ der Erdmasse gesetzt. Laplace gab[5] für die Masse des Merkur nach Lagrange $\frac{1}{2025810}$ an, aber die wahre Masse ist nur etwa $\frac{5}{12}$ von der Lagrangeschen.[6] Es wird durch diese Verbesserung auch zugleich die vorige hypothetische Angabe von der schnellsten Zunahme der Dichtigkeit mit Annäherung eines Planeten an die Sonne

widerlegt. Wenn man mit Hansen den körperlichen Inhalt des Merkur zu $\frac{6}{100}$ der Erde annimmt, so folgt daraus die Dichtigkeit des Merkur nur als 1,22. „Diese Bestimmungen," setzt mein Freund, der Urheber derselben, hinzu, „sind nur als erste Versuche zu betrachten, die sich indessen der Wahrheit weit mehr nähern als die Laplacische Annahme." Die Dichtigkeit des Merkur wurde vor 10 Jahren noch fast dreimal größer als die Dichte der Erde angenommen: zu 2,56 oder 2,94, wenn die Erde = 1,00.

Venus.

Die mittlere Entfernung derselben von der Sonne ist 0,7233317 in Teilen der Entfernung der Erde von der Sonne, d. i. 15 Mill. geogr. Meilen (107 200 000 km). Die siderische oder wahre Umlaufszeit der Venus ist 224 Tage 16^h 49′ 7″. Kein Hauptplanet kommt der Erde so nahe als Venus, sie kann sich uns bis $5\frac{1}{4}$ Mill. Meilen (39 000 000 km) nähern, aber auch von uns auf 36 Mill. Meilen (267 000 000 km) entfernen; daher die große Veränderlichkeit des scheinbaren Durchmessers, welcher keineswegs allein die Stärke des Glanzes bestimmt.[7] Die Exzentrizität der Venusbahn ist nur 0,00686182, wie immer, in Teilen der halben großen Achse ausgedrückt. Der Durchmesser des Planeten beträgt 1694 geogr. Meilen (12 600 km), die Masse $\frac{1}{401839}$, der körperliche Inhalt 0,957 und die Dichtigkeit 0,94 in Vergleichung zur Erde.[8]

Von den durch Kepler nach seinen Rudolfinischen Tafeln zuerst verkündigten Durchgängen der zwei unteren Planeten ist der der Venus, wegen Bestimmung der Sonnenparallaxe und daraus hergeleiteter Entfernung der Erde von der Sonne, von der größten Wichtigkeit für die Theorie des ganzen Planetensystemes. Nach Enckes erschöpfender Untersuchung des Venusdurchganges von 1769 ist die Parallaxe der Sonne 8,57116″ (Berliner Jahrbuch für 1852, S. 323). Eine neue Arbeit über die Sonnenparallaxe ist auf den Vorschlag eines ausgezeichneten Mathematikers, des Prof. Gerling zu Marburg, auf Befehl der Regierung der Vereinigten Staaten von Nordamerika seit 1849 unternommen worden. Es soll die Parallaxe durch Beobachtungen der Venus in der Nähe des östlichen und westlichen Stillstandes wie durch Mikrometermessungen der Differenzen in Rektaszension und Deklination von wohlbestimmten Fixsternen in bedeutenden Längen-

und Breitenunterschieden erlangt werden (Schumachers Astronomische Nachrichten Nr. 599, S. 363 und Nr. 613, S. 193). Die astronomische Expedition unter Befehl des kenntnisvollen Lieutenants Gilliß hat sich nach Santiago de Chile begeben.

Die Rotation der Venus ist lange vielen Zweifeln unterworfen gewesen. Dominik Cassini 1669 und Jacques Cassini 1732 fanden sie 23^h 20′, während Bianchini[9] in Rom 1726 die langsame Rotation von 24 1/3 Tagen annahm. Genauere Beobachtungen von de Vico in den Jahren 1840 bis 1842 geben durch eine große Anzahl von Venusflecken im Mittel 23^h 21′ 21,93″.

Diese Flecken, an der Grenze der Scheidung zwischen Licht und Schatten in der sichelförmigen Venus, erscheinen selten, sind schwach und meist veränderlich, so daß beide Herschel, Vater und Sohn, glauben, daß sie nicht der festen Oberfläche des Planeten, sondern wahrscheinlicher einer Venusatmosphäre[10] angehören. Die veränderliche Gestalt der Hörner, besonders des südlichen, an der Sichel ist von la Hire, Schröter und Mädler teils zur Schätzung der Höhe von Bergen, teils und vorzüglich zur Bestimmung der Rotation benutzt worden. Die Erscheinungen dieser Veränderlichkeit sind von der Art, daß sie nicht Berggipfel zur Erklärung erfordern von 5 geogr. Meilen (37 km), wie sie Schröter zu Lilienthal angab, sondern nur Höhen, wie sie unser Planet in beiden Kontinenten darbietet.[11] Bei dem wenigen, das wir von dem Oberflächenansehen und der physischen Beschaffenheit der sonnennahen Planeten, Merkur und Venus, wissen, bleibt auch die von Christian Mayer, William Herschel und Harding in dem dunklen Teile bisweilen beobachtete Erscheinung eines aschfarbenen Lichtes, ja eines eigentümlichen Lichtprozesses überaus rätselhaft. Es ist bei so großer Ferne nicht wahrscheinlich, daß das reflektierte Erdlicht in der Venus, wie bei unserem Monde, eine aschfarbige Erleuchtung auf der Venus hervorbringe. In den Scheiben beider unteren Planeten, Merkur und Venus, ist bisher noch keine Abplattung bemerkt worden.

Erde.

Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne ist 12 032mal größer als der Durchmesser der Erde, also 20 682 000 geogr. Meilen, ungewiß auf etwa 90 000 Meilen

(auf $\frac{1}{200}$).[12] Der siderische Umlauf der Erde um die Sonne ist 365 Tage 6^h 9′ 10,7496″. Die Exzentrizität der Erdbahn beträgt 0,01679226, die Masse $\frac{1}{332951}$, die Dichtigkeit im Verhältnis zum Wasser 5,44. Bessels Untersuchung von 10 Gradmessungen gab eine Erdabplattung von $\frac{1}{299,153}$, die Länge einer geogr. Meile, deren 15 auf einen Grad des Aequators gehen, zu 3807,23 Toisen und die Aequatorial- und Polardurchmesser zu 1718,9 und 1713,1 geogr. Meilen (Kosmos Bd. I, S. 291, Anm. 89).[13] Wir beschränken uns hier auf numerische Angaben von Gestalt und Bewegungen; alles, was sich auf die physische Beschaffenheit der Erde bezieht, bleibt dem letzten tellurischen Teile des Kosmos vorbehalten.

Mond der Erde.

Mittlere Entfernung des Mondes von der Erde 51800 geogr. Meilen (384400 km), siderische Umlaufszeit 27 Tage 7^h 43′ 11,5″, Exzentrizität der Mondbahn 0,0548442, Durchmesser des Mondes 454 geogr. Meilen (3480 km), nahe $\frac{1}{4}$ des Erddurchmessers, körperlicher Inhalt $\frac{1}{54}$ des körperlichen Inhaltes der Erde, Masse des Mondes nach Lindenau $\frac{1}{87,73}$ (nach Peters und Schidloffsky $\frac{1}{81}$) der Masse der Erde, Dichtigkeit 0,619 (also fast $\frac{3}{5}$) der Dichtigkeit der Erde. Der Mond hat keine wahrnehmbare Abplattung, aber eine äußerst geringe, durch die Theorie bestimmte, Verlängerung (Anschwellung) gegen den Erdkörper hin. Die Rotation des Mondes um seine Achse wird vollkommen genau (und das ist wahrscheinlich der Fall bei allen anderen Nebenplaneten) in derselben Zeit vollbracht, in welcher er um die Erde läuft.

Das von der Mondfläche reflektierte Sonnenlicht ist unter allen Zonen schwächer als das Sonnenlicht, welches ein weißes Gewölk bei Tage zurückwirft. Wenn man zu geographischen Längenbestimmungen oft Abstände des Mondes von der Sonne nehmen muß, ist es nicht selten schwer, die Mondscheibe zwischen den lichtintensiveren Haufenwolken zu erkennen. Auf Berghöhen, die zwischen 12 und 16000 Fuß hoch liegen, da, wo bei heiterer Bergluft nur federartiger Cirrus am Himmelsgewölbe zu sehen ist, wurde mir das Aufsuchen der Mondscheibe um vieles leichter, weil der Cirrus

seiner lockeren Beschaffenheit nach weniger Sonnenlicht reflektiert und das Mondlicht auf seinem Wege durch dünne Luftschichten minder geschwächt ist. Das Verhältnis der Lichtstärke der Sonne zu der des Vollmondes verdient eine neue Untersuchung, da Bouguers überall angenommene Bestimmung ($\frac{1}{300000}$) so auffallend von der, freilich unwahrscheinlicheren, Wollastons ($\frac{1}{800000}$) abweicht.

Das gelbe Mondlicht erscheint bei Tag weiß, weil die blauen Luftschichten, durch welche wir es sehen, die Komplementarfarbe zum Gelb darbieten.[11] Nach den vielfachen Beobachtungen, die Arago mit seinem Polariskop angestellt, ist in dem Mondlichte polarisiertes Licht enthalten, am deutlichsten im ersten Viertel und in den grauen Mondflecken, z. B. in der großen, dunklen, bisweilen etwas grünlichen Wallebene des sogenannten Mare Crisium. Solche Wallebenen sind meist mit Bergadern durchzogen, deren polyedrische Gestalt diejenigen Inklinationswinkel der Flächen darbietet, welche zur Polarisation des reflektierten Sonnenlichtes erforderlich sind. Der dunkle Farbenton der Umgegend scheint dazu durch Kontrast die Erscheinung noch bemerkbarer zu machen. Was den leuchtenden Centralberg der Gruppe Aristarch betrifft, an dem man mehrmals thätigen Vulkanismus zu bemerken wähnte, so hat derselbe keine stärkere Polarisation des Lichtes gezeigt als andere Mondteile. In dem Vollmond wird keine Beimischung von polarisiertem Lichte bemerkt; aber während einer totalen Mondfinsternis (31. Mai 1848) hat Arago in der rot gewordenen Mondscheibe (einem Phänomen, von dem wir weiter unten sprechen werden), unzweifelhafte Zeichen der Polarisation wahrgenommen (Comptes rendus T. XVIII. p. 1119).

Daß das Mondlicht wärmeerzeugend ist, gehört, wie so viele andere meines berühmten Freundes Melloni, zu den wichtigsten und überraschendsten Entdeckungen unseres Jahrhunderts. Nach vielen vergeblichen Versuchen, von la Hire an bis zu denen des scharfsinnigen Forbes, ist es Melloni geglückt, mittels einer Linse (lentille à échelons) von 3 Fuß (1 m) Durchmesser, die für das meteorologische Institut am Vesuvkegel bestimmt war, bei verschiedenen Wechseln des Mondes die befriedigendsten Resultate der Temperaturerhöhung zu beobachten. Mosotti-Lavagna und Belli, Professoren der Universitäten Pisa und Pavia, waren Zeugen dieser Versuche,

die nach Maßgabe des Alters und der Höhe des Mondes verschieden ausfielen. Wieviel die Quantität der Temperaturerhöhung, welche Mellonis thermoskopische Säule erzeugte, in Bruchteilen eines hundertteiligen Thermometergrades ausgedrückt, betrage, wurde damals (Sommer 1846) noch nicht ergründet.[15]

Das aschgraue Licht, in welchem ein Teil der Mondscheibe leuchtet, wenn einige Tage vor oder nach dem Neumonde sie nur eine schmale, von der Sonne erleuchtete Sichel darbietet, ist Erdenlicht im Monde, „der Widerschein eines Widerscheines". Je weniger der Mond für die Erde erleuchtet erscheint, desto mehr ist erleuchtend die Erde für den Mond. Unser Planet bescheint aber den Mond 13½mal stärker, als der Mond seinerseits ihn erleuchtet, und dieser Schein ist hell genug, um durch abermalige Reflexion von uns wahrgenommen zu werden. Das Fernrohr unterscheidet in dem aschgrauen Lichte die größeren Flecken und einzelne hellglänzende Punkte, Berggipfel in den Mondlandschaften; ja selbst dann noch einen grauen Schimmer, wenn die Scheibe schon etwas über die Hälfte erleuchtet ist. Zwischen den Wendekreisen und auf den hohen Bergebenen von Quito und Mexiko werden diese Erscheinungen besonders auffallend. Seit Lambert und Schröter ist die Meinung herrschend geworden, daß die so verschiedene Intensität des aschgrauen Lichtes des Mondes von dem stärkeren oder schwächeren Reflex des Sonnenlichtes herrührt, das auf die Erdkugel fällt, je nachdem dasselbe von zusammenhängenden Kontinentalmassen voll Sandwüsten, Grassteppen, tropischer Waldung und öden Felsbodens, oder von ozeanischen Flächen zurückgeworfen wird. Lambert hat in einem lichtvollen Kometensucher (14. Februar 1774) die merkwürdige Beobachtung einer Veränderung des aschfarbenen Mondlichtes in eine olivengrüne, etwas ins Gelbe spielende Farbe gemacht. „Der Mond, der damals senkrecht über dem Atlantischen Meere stand, erhielt in seiner Nachtseite das grüne Erdenlicht, welches ihm bei wolkenfreiem Himmel die Waldgegenden[16] von Südamerika zusendeten."

Der meteorologische Zustand unserer Atmosphäre modifiziert diese Intensitäten des Erdlichtes, welches den zweifachen Weg von der Erde zum Monde und vom Monde zu unserem Auge zurücklegen muß. „So werden wir," wie Arago[17] bemerkt, „wenn einst bessere photometrische Instrumente anzuwenden sind, in dem Monde gleichsam den mittleren

Zustand der Diaphanität unserer Atmosphäre lesen können." Die erste richtige Erklärung von der Natur des aschfarbenen Lichtes des Mondes schreibt Kepler (Ad Vitellionem Paralipomena, quibus Astron. pars optica traditur, 1604, p. 254) seinem von ihm hochverehrten Lehrer Mästlin zu, welcher dieselbe 1596 in den zu Tübingen öffentlich verteidigten Thesen vorgetragen hatte. Galilei sprach (Sidereus Nuncius p. 26) von dem reflektierten Erdlichte als von einer Sache, die er seit mehreren Jahren selbst aufgefunden, aber hundert Jahre vor Kepler und Galilei war die Erklärung des uns sichtbaren Erdlichtes im Monde dem allesumfassenden Genie des Leonardo da Vinci nicht entgangen. Seine lange vergessenen Manuskripte lieferten den Beweis davon.

Bei den totalen Mondfinsternissen verschwindet der Mond in überaus seltenen Fällen gänzlich; so verschwand er nach Keplers frühester Beobachtung am 9. Dezember 1601, und in neuester Zeit, ohne selbst durch Fernröhren aufgefunden zu werden, am 10. Juni 1816 zu London. Ein eigener, nicht genugsam ergründeter Diaphanitätszustand einzelner Schichten unserer Atmosphäre muß die Ursache dieser so seltenen als sonderbaren Erscheinung sein. Hevelius bemerkt ausdrücklich, daß in einer totalen Finsternis (am 25. April 1642) der Himmel bei völlig heiterer Luft mit funkelnden Sternen bedeckt war und doch in den verschiedensten Vergrößerungen, die er anwandte, die Mondscheibe spurlos verschwunden blieb. In anderen, ebenfalls sehr seltenen Fällen werden nur einzelne Teile des Mondes schwach sichtbar. Gewöhnlich sieht man die Scheibe während einer totalen Verfinsterung rot, und zwar in allen Graden der Intensität der Farbe; ja, wenn der Mond weit von der Erde entfernt ist, bis in das Feuerrote und Glühende übergehend. Während ich, vor einem halben Jahrhunderte (29. März 1801), vor Anker an der Insel Baru unfern Cartagena de Indias lag und eine Totalfinsternis beobachtete, war es mir überaus auffallend, wieviel leuchtender die rote Mondscheibe unter dem Tropenhimmel erscheint, als in meinem nördlichen Vaterlande.[18] Das ganze Phänomen ist bekanntlich eine Folge der Strahlenbrechung, da, wie Kepler sich sehr richtig ausdrückt (Paralip. Astron., pars optica p. 893), die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre der Erde inflektiert[19] und in den Schattenkegel geworfen werden. Die gerötete oder glühende

Scheibe ist übrigens nie gleichförmig farbig. Einige Stellen zeigen sich immer dunkler und dabei fortschreitend farbeändernd. Die Griechen hatten sich eine eigene wundersame Theorie gebildet über die verschiedenen Farben, welche der verfinsterte Mond zeigen soll, je nachdem die Finsternis zu anderen Stunden eintritt.[20]

In dem langen Streite über die Wahrscheinlichkeit oder Unwahrscheinlichkeit einer atmosphärischen Umhüllung des Mondes haben genaue Okkultationsbeobachtungen erwiesen, daß keine Strahlenbrechung am Mondrande statthat, und daß sich demnach die Schröterschen Annahmen einer Mondatmosphäre und Monddämmerung widerlegt finden. „Die Vergleichung der beiden Werte des Mondhalbmessers, welche man einerseits aus direkter Messung, andererseits aus der Dauer des Verweilens vor einem Fixstern während der Bedeckung ableiten kann, lehrt, daß das Licht eines Fixsternes in dem Augenblick, in welchem letzterer den Mondrand berührt, nicht für uns merklich von seiner geradlinigen Bewegung abgelenkt wird. Wäre eine Strahlenbrechung am Rande des Mondes vorhanden, so müßte die zweite Bestimmung den Halbmesser um das Doppelte derselben kleiner ergeben als die erste, wogegen aber bei mehrfachen Versuchen beide Bestimmungen so nahe übereinkommen, daß man keinen entscheidenden Unterschied je hat auffinden können.“ [21] Der Eintritt von Sternen, welcher sich besonders scharf am dunklen Rande beobachten läßt, erfolgt plötzlich und ohne allmähliche Verminderung des Sternglanzes; ebenso der Austritt oder das Wiedererscheinen. Bei den wenigen Ausnahmen, die angegeben werden, mag die Ursache in zufälligen Veränderungen unserer Atmosphäre gelegen haben.

Fehlt nun dem Erdmonde jede gasförmige Umhüllung, so steigen dort bei Mangel alles diffusen Lichtes die Gestirne an einem fast schwarzen Taghimmel empor, keine Luftwelle kann dort tragen den Schall, den Gesang und die Rede. Es ist der Mond für unsere Phantasie, die so gern anmaßend in das nicht zu Ergründende überschweift, eine lautlose Einöde.

Das bei Sternbedeckungen bisweilen bemerkte Phänomen des Verweilens (Klebens) des eintretenden Sternes an und in dem Rande des Mondes [22] kann wohl nicht als Folge der Irradiation betrachtet werden, welche bei der schmalen Mondsichel, wegen einer so verschiedenen Intensität des Lichtes

im aschfarbenen und in dem von der Sonne unmittelbar erleuchteten Teile, diesen allerdings als jenen umfassend dem Auge erscheinen läßt. Arago hat bei einer totalen Mondfinsternis einen Stern an der wenig leuchtenden roten Mondscheibe während der Konjunktion deutlichst kleben sehen. Ob überhaupt die hier berührte Erscheinung in der Empfindung und in physiologischen Ursachen[23] oder in der Aberration der Refrangibilität und Sphärizität des Auges[24] gegründet sei, ist ein Gegenstand der Diskussion zwischen Arago und Plateau geblieben. Die Fälle, in denen behauptet wird, daß man ein Verschwinden und Wiedererscheinen und dann ein abermaliges Verschwinden bei einer Okkultation gesehen habe, mögen wohl den Eintritt an einem zufällig durch Bergabfälle und tiefe Klüfte verunstalteten Mondrand bezeichnen.

Die großen Unterschiede des Lichtreflexes in den einzelnen Regionen der erleuchteten Mondscheibe, und besonders der Mangel scharfer Abgrenzung in den Mondphasen an dem inneren Rande gegen den aschfarbenen Teil hin, erzeugten in der frühesten Zeit schon einige verständige Ansichten über die Unebenheiten der Oberfläche unseres Satelliten. Plutarch in der kleinen, aber sehr merkwürdigen Schrift Vom Gesicht im Monde sagt ausdrücklich, daß man in den Flecken teils tiefe Klüfte und Thäler, teils Berggipfel ahnen könne, „welche lange Schatten wie der Athos werfen, der mit dem seinigen Lemnos erreicht".[25] Die Flecken bedecken ungefähr $\frac{2}{5}$ der ganzen Scheibe. Mit bloßen Augen sind unter günstigen Verhältnissen in der Stellung des Mondes bei der Heiterkeit unserer Atmosphäre erkennbar: der Rücken des Hochlandes der Apenninen, die dunkle Wallebene Grimaldi, das abgeschlossene Mare Crisium, der von vielen Bergrücken und Kratern umdrängte Tycho.[26] Nicht ohne Wahrscheinlichkeit ist behauptet worden, daß es besonders der Anblick der Apenninenkette gewesen sei, welcher die Griechen veranlaßt habe, die Mondflecken für Berge zu halten, und dabei, wie eben bemerkt, des Schattens des Athos zu gedenken, welcher in den Solstitien die eherne Kuh auf Lemnos erreichte. Eine andere, sehr phantastische Meinung über die Mondflecken war die von Plutarch bestrittene, des Agesianax, nach welcher die Mondscheibe, gleich einem Spiegel, die Gestalt und Umrisse unserer Kontinente und des äußeren (Atlantischen) Meeres uns katoptrisch wiedergeben solle. Eine ganz ähnliche Meinung scheint in Vorderasien sich als Volksglaube noch erhalten zu haben.[27]

Durch die sorgfältige Anwendung großer Fernröhren ist es allmählich gelungen, eine auf wirkliche Beobachtungen gegründete Topographie des Mondes zu entwerfen, und da in der Opposition die halbe Seite des Erdsatelliten sich ganz und auf einmal unseren Forschungen darstellt, so wissen wir von dem allgemeinen und bloß figürlichen Zusammenhange der Berggruppen im Monde mehr als von der Orographie einer ganzen, das Innere von Afrika und Asien enthaltenden Erdhälfte. Der Regel nach sind die dunkleren Teile der Scheibe die flächeren und niederen, die hellen, viel Sonnenlicht reflektierenden Teile die höheren und gebirgigen. Keplers alte Bezeichnung beider als Meer und Land ist aber längst aufgegeben, und es wurde schon von Hevel, trotz der ähnlichen durch ihn verbreiteten Nomenklatur, die Richtigkeit der Deutung und des Gegensatzes bezweifelt. Als mit der Anwesenheit von Wasserflächen streitend wird hauptsächlich der Umstand angeführt, daß in den sogenannten Meeren des Mondes die kleinsten Teile sich bei genauer Untersuchung und sehr verschiedener Beleuchtung als völlig uneben, als polyedrisch und eben deshalb viel polarisiertes Licht gebend erweisen. Arago hat gegen die Gründe, welche von den Unebenheiten hergenommen sind, erinnert, daß einige dieser Flächen trotz der Unebenheiten doch einem mit Wasser bedeckten, nicht allzu tiefen Meeresboden zugehören könnten, da auf unserem Planeten der unebene, klippenvolle Boden des Ozeans, von einer großen Höhe herab gesehen (wegen des Uebergewichtes des aus der Tiefe aufsteigenden Lichtes über die Intensität desjenigen, welches die Oberfläche des Meeres zurückstrahlt) deutlich gesehen werde (Annuaire du Bureau des Longit. pour 1836, p. 339 bis 343). In den bald erscheinenden Werken meines Freundes, seiner Astronomie und Photometrie, wird die wahrscheinliche Abwesenheit des Wassers auf unserem Satelliten aus anderen, hier nicht zu entwickelnden, optischen Gründen hergeleitet werden. Von den niederen Ebenen finden sich die größeren Flächen in dem nördlichen und östlichen Teile. Die meiste Ausdehnung (90000 geographische Quadratmeilen = 4955000 qkm) hat unter ihnen der nicht scharf begrenzte Oceanus Procellarum. Mit dem Mare Imbrium (16000 Quadratmeilen = 881000 qkm), dem Mare Nubium und einigermaßen mit dem Mare Humorum in Verbindung stehend und inselförmige Berglandschaften (die Riphäen, Kepler,

Kopernikus und die Karpathen) umgebend, bildet dieser östliche, dunklere Teil der Mondscheibe den entschiedensten Gegensatz zu der lichtstrahlenderen südwestlichen Gegend, in welcher Berge an Berge gedrängt sind. In der nordwestlichen Region zeigen sich zwei mehr geschlossene und isolierte Becken, das Mare Crisium (3000 Quadratmeilen = 165000qkm) und das Mare Tranquillitatis (5800 Quadratmeilen = 319000 qkm).

Die Farbe dieser sogenannten Meere ist nicht bei allen die graue. Das Mare Crisium hat ein Grau mit Dunkelgrün vermischt, das Mare Serenitatis und Mare Humorum sind ebenfalls grün. Nahe bei dem Hercynischen Gebirge zeigt dagegen die isolierte Umwallung Lichtenberg eine blaßrötliche Farbe, ebenso Palus Somnii. Ringflächen ohne Centralberge haben meist eine dunkel stahlgraue, ins Bläuliche spielende Farbe. Die Ursachen dieser so verschiedenen Farbentöne des felsigen Erdreiches oder anderer lockerer Stoffe, die es bedecken, sind überaus rätselhaft. So wie nördlich vom Alpengebirge eine große Wallebene, Plato (bei Hevel Lacus niger major genannt), und noch mehr Grimaldi in der Aequatorialgegend und Endymion am nordwestlichen Rande, die drei dunkelsten Stellen der ganzen Mondscheibe sind, so ist Aristarch mit seinen in der Nachtseite bisweilen fast sternartig leuchtenden Punkten die hellste und glänzendste derselben. Alle diese Abwechselungen von Schatten und Licht affizieren eine jodierte Platte, und werden in Daguerreotypen unter starker Vergrößerung mit wunderbarer Treue dargestellt. Ich besitze selbst ein solches Mondlichtbild von zwei Zoll Durchmesser, in welchem man die sogenannten Meere und Ringgebirge deutlich erkennt; es ist von einem ausgezeichneten Künstler, Herrn Whipple zu Boston, angefertigt.

Wenn nun schon in einigen der Meere (Crisium, Serenitatis und Humorum) die Kreisform auffallend ist, so wiederholt sich dieselbe noch mehr, ja fast allgemein, in dem gebirgigen Teile der Mondscheibe, besonders in der Gestaltung der ungeheuren Gebirgsmassen, welche die südliche Halbkugel (vom Pole bis gegen den Aequator hin, wo die Masse in eine Spitze ausläuft) erfüllen. Viele der ringförmigen Erhebungen und Wallebenen (die größten haben nach Lohrmann über 1000 Quadratmeilen) bilden zusammenhängende Reihen, und zwar in der Meridianrichtung, zwischen 5° und 40°

südlicher Breite. Die nördliche Polargegend enthält vergleichungsweise nur in sehr geringem Maße diese zusammengedrängten Bergringe. Sie bilden dagegen in dem westlichen Rande der nördlichen Halbkugel zwischen 20° und 50° nördlicher Breite eine zusammenhängende Gruppe. Dem Nordpol selbst nahet sich bis auf wenige Grade das Mare Frigoris, und es bietet derselbe dadurch, wie der ganze ebene nordöstliche Raum, bloß einige isolierte ringförmige Berge (Plato, Mairan, Aristarch, Kopernikus und Kepler) umschließend, einen großen Kontrast mit dem ganz gebirgigen Südpol. An diesem glänzen hohe Gipfel im eigentlichsten Sinne des Wortes, ganze Lunationen hindurch in ewigem Lichte, es sind wahre Lichtinseln, die schon bei schwacher Vergrößerung erkannt werden.

Als Ausnahmen von diesem auf dem Monde so allgemein herrschenden Typus kreis- und ringförmiger Gestaltung treten wirkliche Gebirgsketten fast in der Mitte der nördlichen Mondhälfte (Apenninen, Kaukasus und Alpen) auf. Sie ziehen sich von Süden gegen Norden, in einem flachen Bogen etwas westlich gekrümmt, durch fast 32 Breitengrade. Zahllose Bergrücken und zum Teil überaus spitze Gipfel drängen sich hier zusammen. Wenige Ringgebirge oder kraterartige Vertiefungen (Conon, Hadley, Calippus) sind eingemengt, und das Ganze gleicht mehr der Gestaltung unserer Bergketten auf der Erde. Die Mondalpen, welche an Höhe dem Kaukasus und den Apenninen des Mondes nachstehen, bieten ein wunderbar breites Querthal, das die Kette von SO gegen NW durchschneidet, dar. Es ist von Gipfeln umgeben, welche die Höhe des Piks von Teneriffa übertreffen.

Die relative Höhe der Erhebungen im Verhältnis zu den Durchmessern des Mondes und der Erde gibt das merkwürdige Resultat, daß, da bei den 4mal kleineren Satelliten die höchsten Gipfel nur 600 Toisen (1170 m) niedriger als die der Erde sind, die Mondberge $\frac{1}{454}$, die Berge auf der Erde aber $\frac{1}{1481}$ des planetarischen Durchmessers betragen.[28] Unter den 1095 bereits gemessenen Höhenpunkten auf dem Monde finde ich 39 höher als den Montblanc (2462 Toisen = 4800 m) und 6 höher als 18000 Pariser Fuß (5850 m). Die Messungen geschehen entweder durch Lichttangenten (durch Bestimmung des Abstandes der in der Nachtseite des Mondes

als Lichtpunkte erleuchteten Berggipfel von der Lichtgrenze, oder durch Länge der Schatten. Der ersten Methode bediente sich schon Galilei, wie aus seinem Briefe an den Pater Grienberger über die Montuosità della Luna erhellt.

Nach Mädlers sorgfältigen Bergmessungen mittels der Länge der Schatten sind die Kulminationspunkte des Mondes in absteigender Folge am Südrande, dem Pole sehr nahe, Dörfel und Leibniz, 3800 Toisen (7400 m), das Ringgebirg Newton, wo ein Teil der tiefen Aushöhlung nie, weder von der Sonne noch von der Erdscheibe, beschienen wird, 3727 Toisen (7264 m), Casatus östlich von Newton 3569 Toisen (6956 m), Calippus in der Kaukasuskette 3190 Toisen (6217 m), die Apenninen zwischen 2800 und 3000 Toisen (5457 und 5847 m). Es muß hier bemerkt werden, daß bei dem gänzlichen Mangel einer allgemeinen Niveaulinie (der Ebene gleichen Abstandes von dem Centrum eines Weltkörpers, wie uns auf unserem Planeten die Meeresfläche darbietet) die absoluten Höhen nicht streng untereinander zu vergleichen sind, da die hier gegebenen 6 numerischen Resultate eigentlich nur Unterschiede der Gipfel von den nächsten sie umgebenden Ebenen oder Tiefpunkten ausdrücken. Auffallend ist es immer, daß Galilei die höchsten Mondgebirge ebenfalls „ineirca miglia quatro", also ungefähr 1 geographische Meile (3800 Toisen), schätzte und sie nach dem Maß seiner hypsometrischen Kenntnisse für höher hielt als alle Berge der Erde.

Eine überaus merkwürdige und rätselhafte Erscheinung, welche die Oberfläche unseres Satelliten darbietet, und welche nur optisch einen Lichtreflex, nicht hypsometrisch eine Höhenverschiedenheit betrifft, sind die schmalen Lichtstreifen, die in schräger Beleuchtung verschwinden, im Vollmonde aber, ganz im Gegensatz mit den Mondflecken, als Strahlensysteme am sichtbarsten werden. Sie sind nicht Bergadern, werfen keinen Schatten, und laufen in gleicher Intensität des Lichtes aus den Ebenen bis zu Höhen von mehr als 12000 Fuß (3900 m). Das ausgedehnteste dieser Strahlensysteme geht von Tycho aus, wo man mehr als hundert meistens einige Meilen breite Lichtstreifen unterscheiden kann. Aehnliche Systeme, welche den Aristarch, Kepler, Kopernikus und die Karpathen umgeben, stehen fast alle in Zusammenhang untereinander. Es ist schwer, durch Analogieen und Induktion geleitet, zu ahnen, welche spezielle

Veränderung des Bodens diese leuchtenden, von gewissen Ringgebirgen ausgehenden, bandartigen, lichtvollen Strahlen veranlaßt.

Der mehrfach erwähnte, auf der Mondscheibe fast überall herrschende Typus kreisförmiger Gestaltung (in den Wallebenen, die oft Centralberge umschließen, in den großen Ringgebirgen und ihren Kratern, deren in Bayer 22, in Albategnius 33 aneinandergedrängt gezählt werden) mußte einen tiefen Denker wie Robert Hooke frühe schon veranlassen, eine solche Form der Reaktion des Inneren des Mondkörpers gegen das Aeußere, „der Wirkung unterirdischer Feuer und elastischer durchbrechender Dämpfe, ja einer Ebullition in aufbrechenden Blasen" zuzuschreiben. Versuche mit verdickten siedenden Kalkauflösungen schienen ihm seine Ansicht zu bestätigen, und die Umwallungen mit ihren Centralbergen wurden damals schon mit „den Formen des Aetna, des Piks von Tenerifa, des Hekla und der von Gage beschriebenen Vulkane von Mexiko" verglichen. [29]

Den Galilei hatte, wie er selbst erzählt, eine ringförmige Wallebene des Mondes, wahrscheinlich ihrer Größe wegen, an die Gestaltung ganzer mit Bergen umgebener Länder erinnert. Ich habe eine Stelle aufgefunden, in der er jene ringförmigen Wallebenen des Mondes mit dem großen geschlossenen Becken von Böhmen vergleicht. Mehrere der Wallebenen sind in der That nicht viel kleiner, denn sie haben einen Durchmesser von 25 bis 30 geographischen Meilen (185 bis 220 km). [30] Dagegen überschreiten die eigentlichen Ringgebirge im Durchmesser kaum 2 bis 3 Meilen (15 bis 22 km). Conon in den Apenninen hat deren 2, und ein Krater, welcher zu der leuchtenden Mondlandschaft des Aristarch gehört, soll in der Breite gar nur 400 Toisen (780 m) Durchmesser darbieten, genau die Hälfte des von mir trigonometrisch gemessenen Kraters von Rucu-Pichincha im Hochlande von Quito.

Indem wir hier bei Vergleichungen mit uns wohlbekannten irdischen Naturerscheinungen und Größenverhältnissen verweilen, ist es nötig zu bemerken, daß der größere Teil der Wallebenen und Ringgebirge des Mondes zunächst als Erhebungskrater ohne fortdauernde Eruptionserscheinungen im Sinne der Annahme von Leopold von Buch zu betrachten sind. [31] Was wir nach europäischem Maßstabe groß auf der Erde nennen, die Erhebungskrater von Rocca Monfina, Palma, Tenerifa und Santorin, ver-

schwindet freilich gegen Ptolemäus, Hipparch und viele andere des Mondes. Palma gibt nur 3800 (7400 m), Santorin nach Kapitän Graves neuer Messung 5200 (10 135 m), Tenerifa höchstens 7600 Toisen (14 800 m) Durchmesser, also nur $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{6}$ der zwei eben genannten Erhebungskrater des Mondes. Die kleinen Krater des Pits von Tenerifa und Vesuvs (300 bis 400 Fuß, 95 bis 120 m im Durchmesser) würden kaum durch Fernröhren gesehen werden können. Die bei weitem größere Zahl der Ringgebirge hat keinen Centralberg, und wo er sich findet, wird er als domförmig, oder flach (Hevelius, Macrobius), nicht als Eruptionskegel mit Oeffnung, beschrieben.[32] Der brennenden Vulkane, die man in der Nachtseite des Mondes gesehen haben will (4. Mai 1783), der Lichterscheinungen im Plato, welche Bianchini (16. August 1725) und Short (22. April 1751) beobachteten, erwähnen wir hier nur in historischem Interesse, da die Quellen der Täuschung längst ergründet sind, und in dem lebhafteren Reflex des Erdenlichtes liegen, welches gewisse Teile der Oberfläche unseres Planeten auf die aschfarbene Nachtseite des Mondes werfen.[33]

Man hat schon mehrmals und gewiß mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß bei dem Mangel von Wasser auf dem Monde (auch die Rillen, sehr schmale, meist geradlinige Vertiefungen,[34] sind keine Flüsse) wir uns die Oberfläche desselben ungefähr so beschaffen vorstellen müssen, wie es die Erde in ihrem primitiven, ältesten Zustande gewesen ist, als dieselbe noch unbedeckt war von muschelreichen Flözschichten, wie von Gerölle und Schuttland, das durch die fortschaffende Kraft der Ebbe und Flut, oder der Strömungen verbreitet worden ist. Sonnen- und Erdfluten fehlen natürlich da, wo das flüssige Element mangelt, kaum schwache Ueberdeckungen von zerstörten Reibungskonglomeraten sind denkbar. In unseren, auf Spaltöffnungen gehobenen Bergketten fängt man allmählich auch an, partielle Gruppierungen von Höhen, gleichsam eiförmige Becken bildend, hier und da zu erkennen. Wie ganz anders würde uns die Erdoberfläche erscheinen, wenn dieselbe von den Flöz- und Tertiärformationen wie von dem Schuttlande entblößt wäre!

Der Mond belebt und verherrlicht, mehr als alle anderen Planeten, durch Verschiedenheit seiner Phasen und durch den schnelleren Wechsel seiner relativen Stellung am Sternen-

himmel, unter jeglicher Zone den Anblick des Firmaments, er leuchtet erfreuend dem Menschen und (vornehmlich in den Urwäldern der Tropenwelt) den Tieren des Waldes.[35] Der Mond, durch die Anziehungskraft, die er gemeinschaftlich mit der Sonne ausübt, bewegt unsere Ozeane, das Flüssige auf der Erde, verändert allmählich durch periodische Anschwellung der Oberfläche und die zerstörenden Wirkungen der Flut den Umriß der Küsten, hindert oder begünstigt die Arbeit des Menschen, liefert den größten Teil des Materials, aus dem sich Sandsteine und Konglomerate bilden, welche dann wiederum von den abgerundeten losen Geschieben des Schuttlandes bedeckt sind. So fährt der Mond, als eine der Quellen der Bewegung, fort, auf die geognostischen Verhältnisse unseres Planeten zu wirken. Der unbestreitbare[36] Einfluß des Satelliten auf Luftdruck, wässerige Niederschläge und Wolkenzerstreuung wird in dem letzten, rein tellurischen Teile des Kosmos behandelt werden.

Mars.

Durchmesser des Planeten nur 0,519 Teile des Erddurchmessers (trotz seines schon beträchtlicheren Abstandes von der Sonne) oder 892 geographische Meilen (6720 km). Exzentrizität der Bahn 0,0932168, unter den alten Planeten nächst dem Merkur die stärkste, und auch deshalb, wie durch Nähe zur Erde die geeignetste zu Keplers großer Entdeckung der planetarischen elliptischen Bahnen. Rotation[37] nach Mädler und Wilhelm Beer $24^h\ 37'\ 23''$. Siderische Umlaufszeit um die Sonne 1 Jahr 321 Tage $17^h\ 30'\ 41''$. Die Neigung der Marsbahn gegen den Erdäquator ist $20°\ 44'\ 24''$, die Masse $\frac{1}{2680337}$, die Dichtigkeit in Vergleich mit der der Erde 0,958.[38] Wie die große Annäherung des Enckeschen Kometen dazu benutzt worden ist, die Masse des Merkur zu ergründen, so wird auch die Masse des Mars einst durch die Störungen berichtigt werden, welche der Komet von de Vico durch ihn erleiden kann.

Die Abplattung des Mars, die (sonderbar genug) der große Königsberger Astronom dauernd bezweifelte, ist zuerst von William Herschel (1784) anerkannt worden. Ueber die Quantität dieser Abplattung aber hat lange Ungewißheit geherrscht. Sie wurde angegeben von William Herschel zu $\frac{1}{10}$,

nach Aragos genauerer Messung[39] mit einem prismatischen Fernrohr von 189 : 194, d. i. $\frac{1}{355}$, in späterer Messung (1847) zu $\frac{1}{302}$; doch ist Arago geneigt, die Abplattung noch für etwas größer zu halten.[40]

Wenn das Studium der Mondoberfläche an viele geognostische Verhältnisse der Oberfläche unseres Planeten erinnert, so sind dagegen die Analogieen, welche Mars mit der Erde darbietet, ganz meteorologischer Art. Außer den dunklen Flecken, von denen einige schwärzlich, andere, aber in sehr geringer Zahl, gelbrot, und von der grünlichen Kontrastfarbe sogenannter Seen umgeben sind, erscheinen auf der Marsscheibe noch, sei es an den Polen, welche die Rotationsachse bestimmt, sei es nahe dabei an den Kältepolen, abwechselnd zwei weiße, schneeglänzende Flecken. Es sind dieselben schon 1716 von Philipp Maraldi wahrgenommen, doch ihr Zusammenhang mit klimatischen Veränderungen auf dem Planeten ist erst von Herschel dem Vater in dem 74. Bande der Philosophical Transactions, für 1784, beschrieben worden. Die weißen Flecken werden wechselsweise größer oder kleiner, je nachdem ein Pol sich seinem Winter oder seinem Sommer nähert. Arago hat in seinem Polariskop die Intensität des Lichtes dieser Schneezone des Mars gemessen, und dieselbe zweimal größer als die Lichtstärke der übrigen Scheibe gefunden. In den physikalisch-astronomischen Beiträgen von Mädler und Beer sind vortreffliche graphische Darstellungen der Nord- und Südhalbkugel des Mars enthalten, und diese merkwürdige, im ganzen Planetensystem einzige Erscheinung ist darin nach allen Veränderungen der Jahreszeiten und der kräftigen Wirkung des Polarsommers auf den wegschmelzenden Schnee durch Messungen ergründet worden. Sorgfältige zehnjährige Beobachtungen haben auch gelehrt, daß die dunklen Marsflecken auf dem Planeten selbst ihre Gestalt und relative Lage konstant beibehalten. Die periodische Erzeugung von Schneeflecken, als meteorischen, von Temperaturwechseln abhängigen Niederschlägen, und einige optische Phänomene, welche die dunklen Flecken darbieten, sobald sie durch die Rotation des Planeten an den Rand der Scheibe gelangen, machen die Existenz einer Marsatmosphäre mehr als wahrscheinlich.[41]

Die kleinen Planeten.

Unter dem Namen einer *mittleren Gruppe*, welche gewissermaßen zwischen Mars und Jupiter eine *scheidende* Zone für die 4 *inneren* (Merkur, Venus, Erde, Mars) und die 4 *äußeren* Hauptplaneten (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun) unseres Sonnengebietes bildet, haben wir schon in den allgemeinen Betrachtungen [42] über planetarische Körper die Gruppe der *kleinen Planeten* (*Asteroiden*, *Planetoiden*, *Koplaneten*, *teleskopischen* oder *Ultra-Zodiakalplaneten*) bezeichnet. Es hat dieselbe den abweichendsten Charakter durch ihre ineinander verschlungenen, stark geneigten und übermäßig exzentrischen Bahnen, durch ihre außerordentliche Kleinheit, da der Durchmesser der Vesta selbst nicht den 4. Teil des Durchmessers des Merkur zu erreichen scheint. Als der erste Band des *Kosmos* 1845 erschien, waren nur 4 der kleinen Planeten, Ceres, Pallas, Juno und Vesta, entdeckt von Piazzi, Olbers und Harding (1. Januar 1801 bis 29. März 1807), bekannt, jetzt (im Juli 1851) ist die Zahl der kleinen Planeten schon auf 14 angewachsen [s. Zusätze am Schluß dieses Bandes], sie sind der Zahl nach der dritte Teil aller gleichzeitig bekannten 43 planetarischen Körper, d. i. aller Haupt- und Nebenplaneten.

Wenn lange im Sonnengebiete die Aufmerksamkeit der Astronomen auf Vermehrung der Glieder *partieller Systeme* (der Monde, welche um Hauptplaneten kreisen), und auf die jenseits des Saturn und Uranus in den fernsten Regionen zu entdeckenden Planeten gerichtet war, so bietet jetzt seit dem zufälligen Auffinden der Ceres durch Piazzi und besonders seit dem beabsichtigten Auffinden der Asträa durch Hencke, wie seit der großen Vervollkommnung von *Sternkarten* (die der *Berliner Akademie* enthalten alle Sterne bis zur 9. und teilweise bis zur 10. Größe) ein uns näherer Weltraum das reichste, vielleicht unerschöpfliche Feld für astronomische Arbeitsamkeit dar. Es ist ein besonderes Verdienst des *astronomischen Jahrbuches*, das in meiner Vaterstadt von Encke, dem Direktor der Berliner Sternwarte, unter Mitwirkung des Dr. Wolfers herausgegeben wird, daß darin die Ephemeriden der anwachsenden Schar von kleinen Planeten mit ganz besonderer Vollständigkeit behandelt werden,

Bisher erscheint die der Marsbahn nähere Region allerdings am meisten gefüllt, aber schon die Breite dieser gemessenen Zone ist, „wenn man den Unterschied der Radienvektoren in der nächsten Sonnennähe (Viktoria) und der weitesten Sonnenferne (Hygiea) ins Auge faßt, beträchtlicher als der Sonnenabstand des Mars".

Die Exzentrizitäten der Bahnen, von denen Ceres, Egeria und Vesta die kleinste, Juno, Pallas und Iris die größte haben, sind, wie die Neigung gegen die Ekliptik, welche von Pallas (34° 37') und Egeria (16° 33') bis Hygiea (3° 47) abnimmt, bereits oben berührt worden. Es folgt hier (S. 369) eingeschaltet die tabellarische Uebersicht der Elemente der kleinen Planeten, die ich meinem Freunde, Herrn Dr. Galle, verdanke.

Das gegenseitige Verhalten der Asteroidenbahnen und die Aufzählung der einzelnen Bahnpaare ist der Gegenstand scharfsinniger Untersuchungen zuerst (1848) von Gould, ganz neuerlich von d'Arrest geworden. „Es scheint," sagt der letztere, „am meisten für die innige Verbindung der ganzen Gruppe kleiner Planeten zu zeugen, daß, wenn man sich die Bahnen in ihren natürlichen Verhältnissen körperlich wie Reifen dargestellt denkt, sie alle dergestalt ineinander hängen, daß man vermittelst einer beliebigen die ganze Gruppe herausheben könnte. Wäre Iris, welche Hind im August 1847 auffand, uns zufällig noch unbekannt, wie gewiß noch viele andere Weltkörper in jener Region es sind, so bestünde die Gruppe aus zwei gesonderten Teilen — ein Ergebnis, das um so unerwarteter erscheinen muß, als die Zone weit ist, welche diese Bahnen im Sonnensysteme erfüllen."

Wir können diesen wundersamen Planetenschwarm nicht verlassen, ohne in dieser fragmentarischen Aufzählung der einzelnen Glieder des Sonnengebietes der kühnen Ansicht eines vielbegabten, tiefforschenden Astronomen über den Ursprung der Asteroiden und ihrer einander durchschneidenden Bahnen zu erwähnen. Ein aus den Rechnungen von Gauß gezogenes Ergebnis, daß Ceres bei ihrem aufsteigenden Durchgang durch die Ebene der Pallasbahn diesem letzteren Planeten überaus nahe kommt, leitete Olbers auf die Vermutung: „es könnten beide Planeten, Ceres und Pallas, Fragmente eines einzigen, durch irgend eine Naturkraft zerstörten, vormals die weite Lücke zwischen Mars und Jupiter ausfüllenden großen Hauptplaneten sein, und man habe in derselben Region einen

Elemente der 14 kleinen Planeten, für die Zeiten ihrer Oppositionen in der Nähe des Jahres 1851.

	Flora	Viktoria	Vesta	Iris	Metis	Hebe	Parthenope	Asträa	Egeria	Irene	Juno	Ceres	Pallas	Hygiea
	1852	1850	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1852	1851	1851	1851	1851	1851
E	März 24	Okt. 0	Juni 9	Okt. 1	Febr. 8	Juli 12	Okt. 22,0	Apr. 29,5	Mz. 15,0	Juli 1,0	Juni 11,5	Dez. 30,0	Nov. 5,0	Sept. 28,5
L	174° 45′	342° 18′	256° 38′	18° 36′	126° 28′	311° 39′	17° 51′	197° 37	162° 29′	231° 15′	276° 0′	150° 33′	72° 35′	356° 45′
π	32 51	301 57	250 32	41 22	71 7	15 17	317 5	135 43	118 17	179 10	54 20	147 59	131 23	228 2
Ω	110 21	235 28	103 22	259 11	68 29	138 31	124 59	141 28	43 18	86 51	170 55	80 19	172 45	287 38
i	5 53	8 23	7 8	5 28	5 36	14 47	4 37	5 19	16 33	9 6	13 3	10 37	34 37	3 47
μ	1086,04″	994,51″	977,90″	963,03″	962,58″	639,65″	926,22″	857,50″	854,96″	853,77″	813,88″	770,75″	768,43″	634,21″
a	2,2018	2,3349	2,3612	2,3855	2,3862	2,4249	2,4483	2,5774	2,5825	2,5849	2,6687	2,7673	2,7729	3,1514
e	0,15679	0,21792	0,08892	0,23239	0,12239	9,20186	0,09789	0,18875	0,08627	0,16786	0,25586	0,07647	0,23956	0,10092
U	1103 ☿	1303 ☿	1325 ☿	1346 ☿	1346 ☿	1379 ☿	1399 ☿	1511 ☿	1516 ☿	1518 ☿	1592 ☿	1681 ☿	1687 ☿	2015 ☿

Es bedeutet: E die Epoche der mittleren Länge in mittlerer Berliner Zeit, L die mittlere Länge in der Bahn, π die Länge des Perihels, Ω die Länge des aufsteigenden Knotens, i die Neigung gegen die Ekliptik, μ die mittlere tägliche siderische Bewegung, a die halbe große Achse, e die Exzentrizität, U die siderische Umlaufszeit in Tagen. — Die Längen beziehen sich auf das Aequinoktium der Epoche.

Zuwachs von ähnlichen Trümmern, die eine elliptische Bahn um die Sonne beschreiben, zu erwarten".

Die Möglichkeit, die Epoche einer solchen Weltbegebenheit, welche zugleich die Epoche der Entstehung der kleinen Planeten sein soll, durch Rechnung zu bestimmen, bleibt bei der Verwickelung, welche die jetzt schon bekannte große Zahl der „Trümmer", die Säkularverrückungen der Apsiden und die Bewegung der Knotenlinien erzeugen, auch annäherungsweise mehr als zweifelhaft. Olbers bezeichnete die Gegend der Knotenlinie der Ceres- und Pallasbahn als entsprechend dem nördlichen Flügel der Jungfrau und dem Westirne des Walfisches. In letzterem wurde allerdings von Harding die Juno, kaum zwei Jahre nach der Entdeckung der Pallas, aber zufällig, bei Konstruktion eines Sternkatalogs gefunden; in ersterem nach langem, fünfjährigem, durch die Hypothese geleiteten Suchen, von Olbers selbst die Vesta. Ob diese einzelnen Erfolge hinlänglich sind, die Hypothese zu begründen, ist hier nicht der Ort zu entscheiden. Die Kometennebel, in die man anfangs die kleinen Planeten gehüllt wähnte, sind bei Untersuchungen durch vollkommenere Instrumente verschwunden. Bedeutende Lichtveränderungen, denen die kleinen Planeten ausgesetzt sein sollten, schrieb Olbers ihrer unregelmäßigen Figur als „Bruchstücke eines einzigen zerstörten Planeten" [43] zu.

Jupiter.

Die mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 5,202767 in Teilen des Erdabstandes vom Centralkörper. Der wahre mittlere Durchmesser dieses größten aller Planeten ist 19294 geogr. Meilen (143170 km), also gleich 11,255 Erddurchmessern, ungefähr um $\frac{1}{9}$ länger als der Durchmesser des fernen Saturn.[44] Siderischer Umlauf um die Sonne $11^{J}\ 314^{T}\ 20^{h}\ 2'\ 7''$.[45]

Die Abplattung des Jupiter ist nach den prismatischen Mikrometermessungen von Arago, welche 1824 in die Exposition du Système du Monde (p. 38) übergegangen sind, wie 167 : 177, also $\frac{1}{17,7}$; was sehr nahe mit der späteren Arbeit (1839) von Beer und Mädler[46] übereinstimmt, welche die Abplattung zwischen $\frac{1}{18,7}$ und $\frac{1}{21,6}$ fanden. Hansen und Sir John Herschel ziehen $\frac{1}{14}$ vor. Die allerfrüheste Beobachtung der Abplattung von Dominik Cassini ist älter als das Jahr

1666, wie ich schon an einem anderen Orte in Erinnerung gebracht. Dieser Umstand hat eine besondere historische Wichtigkeit wegen des Einflusses, welchen nach Sir David Brewsters scharfsinniger Bemerkung die von Cassini erkannte Abplattung auf Newtons Ideen über die Figur der Erde ausgeübt hat. Die Principia Philosophiae Naturalis zeugen dafür, aber die Zeitepochen, in denen diese Principia und Cassinis Beobachtung über den Aequatorial- und Polardurchmesser des Jupiter erschienen, konnten chronologische Zweifel erregen.[47]

Da die Jupitersmasse nach der Sonnenmasse das wichtigste Element für das ganze Planetensystem ist, so muß ihre genauere Bestimmung in neuerer Zeit durch Störungen der Juno und Vesta, wie durch Elongation der Jupitertrabanten, besonders des vierten nach Airy (1834), als eine der folgereichsten Vervollkommnungen der rechnenden Astronomie betrachtet werden. Die Masse des Jupiter ist vergrößert gegen früher, die des Merkur dagegen vermindert worden. Es ist die erstere samt der Masse der vier Jupitertrabanten $\frac{1}{1047,879}$ während sie Laplace noch zu $\frac{1}{1066,09}$ angab.

Die Rotation des Jupiter ist nach Airy $9^h\ 55'\ 21{,}3''$ mittlerer Sonnenzeit. Dominik Cassini hatte dieselbe zuerst 1655 durch einen Flecken, welcher viele Jahre, ja bis 1691 immer von gleicher Farbe und in gleichem Umriß sichtbar war, zwischen $9^h\ 55'$ und $9^h\ 56'$ gefunden. Die meisten dieser Flecken sind von größerer Schwärze als die Streifen des Jupiter. Sie scheinen aber nicht der Oberfläche des Planeten selbst anzugehören, da sie bisweilen, besonders die den Polen näherliegenden, eine andere Rotationszeit als die der Aequatorialgegend gegeben haben. Nach einem sehr erfahrenen Beobachter, Heinrich Schwabe in Dessau, sind die dunklen, schärfer begrenzten Flecken mehrere Jahre hintereinander von den beiden den Aequator begrenzenden grauen Gürteln (Streifen) bald dem südlichen, bald dem nördlichen ausschließend eigentümlich gewesen. Der Prozeß der Fleckenbildung ist also räumlich wechselnd. Bisweilen (ebenfalls nach Schwabes Beobachtungen im November 1834) sind die Jupitersflecken bei einer 280-maligen Vergrößerung in einem Fraunhoferschen Fernrohr kleinen mit einem Hofe umgebenen Kernflecken der Sonne ähnlich. Ihre Schwärze ist aber dann doch geringer als die der Trabantenschatten. Der Kern ist wahrscheinlich ein Teil des Jupiterkörpers selbst, und wenn die atmosphärische Oeff-

nung über demselben Punkte stehen bleibt, so gibt die Bewegung des Fleckens die wahre Rotation. Sie teilen sich auch bisweilen wie Sonnenflecken, was schon Dominik Cassini im Jahre 1665 erkannte.

In der Aequatorialzone des Jupiter liegen zwei breite Hauptstreifen oder Gürtel von grauer oder graubrauner Farbe, welche gegen die Ränder blässer werden und endlich ganz verschwinden. Ihre Begrenzungen sind sehr ungleich und veränderlich; beide werden durch einen mittleren ganz hellen Aequatorialstreifen geschieden. Auch gegen die beiden Pole hin ist die ganze Oberfläche mit vielen schmäleren, blässeren, öfter unterbrochenen, selbst fein verzweigten, immer dem Aequator parallelen Streifen bedeckt. „Diese Erscheinungen," sagt Arago, „erklären sich am leichtesten, wenn man eine durch Wolkenschichten teilweise verdichtete Atmosphäre annimmt, in welcher jedoch die über dem Aequator ruhende Region, wahrscheinlich als Folge der Passatwinde, dunstleer und diaphan ist. Weil (wie schon William Herschel in einer Abhandlung annahm, welche im Jahre 1793 in dem 83. Bande der Philosophical Transactions erschien) die Wolkenoberfläche ein intensiveres Licht reflektiert als die Oberfläche des Planeten, so muß der Teil des Bodens, welchen wir durch die heitere Luft sehen, minderes Licht haben (dunkler erscheinen) als die vieles Licht zurückstrahlenden Wolkenschichten. Deshalb wechseln graue (dunkle) und helle Streifen miteinander; die ersteren erscheinen, wenn unter kleinen Winkeln der Visionsradius des Beobachters schief gegen den Rand des Jupiter gerichtet ist, durch eine größere, dickere Masse und mehr Licht reflektierende Luftschichten gesehen, um so weniger dunkel gefärbt, als sie sich vom Centrum des Planeten entfernen." [18]

Satelliten des Jupiter.

Schon zu Galileis glänzender Zeit ist die richtige Ansicht entstanden, daß das untergeordnete Planetensystem des Jupiter, vielen Verhältnissen des Raumes und der Zeit nach, ein Bild des Sonnensystems im kleinen darbiete. Diese damals schnell verbreitete Ansicht, wie die bald darauf entdeckten Phasen der Venus (Februar 1610) haben viel dazu beigetragen, dem kopernikanischen Systeme allgemeineren Eingang zu verschaffen. Die Vierzahl der Trabanten des Jupiter ist die einzige Trabantenzahl der äußeren Hauptplaneten, welche

(seit der Epoche der ersten Entdeckung durch Simon Marius, am 29. Dezember 1609) in fast drittehalbhundert Jahren keine neuere Entdeckung vermehrt hat.

Die folgende Tabelle enthält nach Hansen die siderischen Umlaufszeiten der Satelliten des Jupiter, ihre mittleren Entfernungen im Halbmesser des Hauptplaneten ausgedrückt, ihre Durchmesser in geographischen Meilen und ihre Massen als Teile der Jupitersmasse:

Satelliten	Umlaufszeit	Entfernung vom Jupiter	Durchmesser in geograph. Meilen	Masse
1	$1^{\mathrm{T}}\ 18^{\mathrm{h}}\ 28'$	6,049	529	0,0000173281
2	3 13 14	6,623	475	0,0000232355
3	7 3 43	15,350	776	0,0000884972
4	16 16 32	26,998	664	0,0000426591

Wenn $\frac{1}{1047,897}$ die Masse des Jupiter und der Trabanten ausdrückt, so ist die Masse des Hauptplaneten ohne die Trabanten, $\frac{1}{1048,059}$, nur um etwa $\frac{1}{6000}$ kleiner.

Die Vergleichungen der Größen, Abstände und Exzentrizität mit anderen Satellitensystemen sind bereits oben (Kosmos Bd. III, S. 328—330) gegeben worden. Die Lichtintensität der Jupitertrabanten ist verschiedenartig und nicht ihrem Volum proportional, da der Regel nach der dritte und der erste, deren Größenverhältnis nach den Durchmessern wie 8 : 5 ist, am hellsten erscheinen. Der kleinste und dichteste von allen, der zweite, ist gewöhnlich heller als der größere, vierte, welchen man den lichtschwächsten zu nennen pflegt. Zufällige (temporäre) Schwankungen der Lichtintensität, die auch bemerkt werden, sind bald Veränderungen der Oberfläche, bald Verdunkelungen in der Atmosphäre der Jupitersmonde zugeschrieben worden. Sie scheinen übrigens wohl alle ein intensiveres Licht als der Hauptplanet zu reflektieren. Wenn die Erde zwischen Jupiter und der Sonne steht und die Satelliten also, sich von Osten nach Westen bewegend, scheinbar in den östlichen Rand des Jupiter eintreten, so verdecken sie

uns in ihrer Bewegung nach und nach einzelne Teile der Scheibe des Hauptplaneten und werden schon bei nicht starker Vergrößerung erkannt, indem sie sich leuchtend abheben von jener Scheibe. Die Sichtbarkeit des Satelliten wird um so schwieriger, je mehr er sich dem Centrum des Jupiter nähert. Aus dieser früh bemerkten Erscheinung hat schon Pound, Newtons und Bradleys Freund, geschlossen, daß gegen den Rand hin die Jupitersscheibe weniger Licht habe als das Centrum. Arago glaubt, daß diese von Messier wiederholte Behauptung Schwierigkeiten darbietet, welche erst durch neue und feinere Beobachtungen gelöst werden können. Jupiter ist ohne alle Satelliten gesehen worden von Molineux im November 1681, von Sir William Herschel am 23. Mai 1802, und zuletzt von Griesbach am 27. September 1843. Eine solche Nichtsichtbarkeit der Satelliten bezieht sich aber nur auf den Raum außerhalb der Jupitersscheibe und steht nicht dem Theorem entgegen, daß alle vier Satelliten nie gleichzeitig verfinstert werden können.

Saturn.[49]

Die siderische oder wahre Umlaufszeit des Saturn ist 29 Jahre 166 Tage 23 St. 16 Min. 32 Sek. Sein mittlerer Durchmesser ist 15507 geogr. Meilen, gleich 9022 Erddurchmessern. Die Rotation, aus den Beobachtungen einiger dunkler Flecken (knotenartiger Verdichtungen der Streifen) auf der Oberfläche geschlossen,[50] ist 10^h 29′ 17″. Einer so großen Geschwindigkeit der Umdrehung um die Achse entspricht die starke Abplattung. William Herschel bestimmte sie schon 1776 zu $\frac{1}{10,4}$; Bessel fand nach dreijährigen und mehr untereinander übereinstimmenden Beobachtungen in der mittleren Entfernung den Polardurchmesser zu 15,381″, den Aequatorialdurchmesser zu 17,053″, also eine Abplattung[51] von $\frac{1}{10,3}$. Der Körper des Planeten hat ebenfalls bandartige Streifen, die aber weniger sichtbar, wenngleich etwas breiter als die des Jupiter sind. Der konstanteste derselben ist ein grauer Aequatorialstreifen. Auf diesen folgen mehrere andere, aber mit wechselnden Formen, was auf einen atmosphärischen Ursprung deutet. William Herschel hat sie nicht immer dem Saturnsringe parallel gefunden; sie reichen auch nicht bis zu den Polen hin. Die Gegend um die Pole zeigt, was sehr

merkwürdig, einen Wechsel in der Lichtreflexion, welcher von den Jahreszeiten auf dem Saturn abhängig ist. Die Polarregion wird nämlich im Winter heller leuchtend, eine Erscheinung, welche an die wechselnde Schneeregion des Mars erinnert und schon dem Scharfblick von William Herschel nicht entgangen war. Sei nun eine solche Zunahme der Lichtintensität der temporären Entstehung von Eis und Schnee, oder einer außerordentlichen Anhäufung von Wolken zuzuschreiben, immer deutet sie auf Wirkungen von Temperaturveränderungen, auf eine Atmosphäre.

Die Masse des Saturn haben wir bereits oben zu $\frac{1}{3501,6}$ angegeben; sie läßt bei dem ungeheuren Volum des Planeten (sein Durchmesser ist $^4/_5$ des Durchmessers des Jupiter) auf eine sehr geringe und gegen die Oberfläche abnehmende Dichtigkeit schließen. Bei einer ganz homogenen Dichtigkeit ($\frac{70}{100}$ von der des Wassers) würde die Abplattung noch stärker sein.

In der Ebene seines Aequators umgeben den Planeten wenigstens zwei frei schwebende, in einer und derselben Ebene liegende überaus dünne Ringe. Sie haben eine größere Intensität des Lichtes als Saturn selbst, und der äußere Ring ist noch heller als der innere. [52] Die Teilung des von Huygens 1655 als eines einzigen erkannten [53] Ringes wurde wohl schon von Dominik Cassini 1675 gesehen, aber zuerst von William Herschel (1789 bis 1792) genau beschrieben. Den äußeren Ring hat man seit Short mehrfach durch feinere Streifen abgeteilt gefunden, aber diese Linien oder Streifen sind nie sehr konstant gewesen. Ganz neuerlich, in den letzten Monaten des Jahres 1850, haben Bond in Cambridge (Ver. St. von Amerika) durch den großen Refraktor von Merz (mit 14zölligem Objektive) am 11. November, Dawes bei Maidstone in England am 25. November, also nahe gleichzeitig, zwischen dem zweiten bisher sogenannten inneren Ringe und dem Hauptplaneten einen dritten, sehr matten und lichtschwachen, dunkleren Ring entdeckt. Er ist durch eine schwarze Linie von dem zweiten getrennt und füllt den dritten Teil des Raumes aus, welchen man zwischen dem zweiten Ringe und dem Körper des Planeten bisher als leer angab und durch welchen Derham kleine Sterne will gesehen haben.

Die Dimensionen des geteilten Saturnsringes sind von Bessel und Struve bestimmt worden. Nach dem letzteren

erscheint uns der äußere Durchmesser des äußersten Ringes in der mittleren Entfernung des Saturn unter einem Winkel von 40,09″, gleich 38300 geogr. Meilen (284200 km), der innere Durchmesser desselben Ringes unter einem Winkel von 35,29″, gleich 23700 geogr. Meilen (249770 km). Für den äußeren Durchmesser des inneren (zweiten) Ringes erhält man 34,47″, für den inneren Durchmesser desselben Ringes 26,67″. Den Zwischenraum, welcher den letztgenannten Ring von der Oberfläche des Planeten trennt, setzt Struve zu 4,34″. Die ganze Breite des ersten und zweiten Ringes ist 3700 Meilen (27500 km), die Entfernung des Ringes von der Oberfläche des Saturn ungefähr 5000 Meilen (37100 km), die Kluft, welche den ersten Ring von dem zweiten trennt und welche der von Dominik Cassini gesehene schwarze Teilungsstrich bezeichnet, nur 390 Meilen (2900 km). Von der Dicke dieser Ringe glaubt man, daß sie nicht 20 Meilen (148 km) übersteige. Die Masse der Ringe ist nach Bessel $\frac{1}{118}$ der Saturnsmasse. Sie bieten einzelne Erhöhungen [54] und Ungleichheiten dar, durch welche man annäherungsweise ihre Umdrehungszeit (der des Planeten vollkommen gleich) hat beobachten können. Die Unregelmäßigkeiten der Form offenbaren sich bei dem Verschwinden des Ringes, wo gewöhnlich der eine Henkel früher als der andere unsichtbar wird. [55]

Eine sehr merkwürdige Erscheinung ist die von Schwabe zu Dessau im September 1827 entdeckte exzentrische Lage des Saturn. Der Saturnsring ist nicht konzentrisch mit der Kugel selbst, sondern Saturn liegt im Ringe etwas westlich. Diese Beobachtung ist von Harding, Struve, John Herschel und South (teilweise durch mikrometrische Messungen) bestätigt worden. Kleine, periodisch scheinende Verschiedenheiten in der Quantität der Exzentrizität, die sich aus Reihen korrespondierender Beobachtungen von Schwabe, Harding und de Vico in Rom ergaben, sind vielleicht in Oszillationen des Schwerpunktes des Ringes um den Mittelpunkt des Saturn gegründet. Auffallend ist, daß schon am Ende des 17. Jahrhunderts ein Geistlicher, Gallet zu Avignon, ohne Erfolg versucht hatte, die Astronomen seiner Zeit auf die exzentrische Lage des Saturn aufmerksam zu machen. [56] Bei der so überaus geringen und nach der Oberfläche abnehmenden Dichtigkeit des Saturn (vielleicht kaum $\frac{3}{5}$ der Dichtigkeit des Wassers) ist es schwer, sich eine Vorstellung von dem Molekularzustande oder

der materiellen Beschaffenheit des Planetenkörpers zu machen, oder gar zu entscheiden, ob diese Beschaffenheit wirkliche Flüssigkeit, d. h. Verschiebbarkeit der kleinsten Teile, oder Starrheit (nach der so oft angeführten Analogie von Tannenholz, Bimsstein, Kork oder eines erstarrten Flüssigen, des Eises) voraussetze. Der Astronom der Krusensternschen Expedition, Horner, nennt den Saturnsring einen Wolkenzug; er will, daß die Berge des Saturn aus Dampfmassen und Dunstbläschen bestehen. Die Konjekturalastronomie treibt hier ein freies und erlaubtes Spiel. Ganz anderer Art sind die ernsten, auf Beobachtung und analytischen Kalkül gegründeten Spekulationen über die Möglichkeit der Stabilität des Saturnsringes von zwei ausgezeichneten amerikanischen Astronomen, Bond und Peirce. Beide stimmen für das Resultat der Flüssigkeit, wie für fortdauernde Veränderlichkeit in der Gestalt und Teilbarkeit des äußeren Ringes. Die Erhaltung des Ganzen ist von Peirce als von der Einwirkung und Stellung der Satelliten abhängig betrachtet worden, weil ohne diese Abhängigkeit, auch bei Ungleichheiten im Ringe, sich das Gleichgewicht nicht würde erhalten können.

Satelliten des Saturn.

Die fünf ältesten Saturnstrabanten wurden entdeckt zwischen den Jahren 1655 und 1684 (Titan, der sechste im Abstande, von Huygens, und vier von Cassini, nämlich: Japetus, der äußerste aller, Rhea, Tethys und Dione). Auf die fünf ältesten Satelliten folgte 1789 die Entdeckung von zweien, dem Hauptplaneten am nächsten stehenden, Mimas und Enceladus, durch William Herschel. Der siebente Satellit, Hyperion endlich, der vorletzte im Abstande, wurde von Bond zu Cambridge (Ver. St. von Am.) und von Lassell zu Liverpool im September 1848 fast gleichzeitig aufgefunden. Ueber die relative Größe und Verhältnisse der Abstände in diesem Partialsysteme ist schon früher verhandelt (Kosmos Bd. I, S. 70 und Bd. III, S. 329). Die Umlaufszeiten und mittleren Entfernungen, letztere in Teilen des Aequatorialhalbmessers des Saturn ausgedrückt, sind nach den Beobachtungen, die Sir John Herschel am Vorgebirge der guten Hoffnung zwischen 1835 und 1837 angestellt, folgende:

Satelliten nach Zeit der Entdeckung	Satelliten nach Abständen	Umlaufszeit				Mittlere Entfernung
f	1. Mimas	0 T	22 h	37′	22,9″	3,3607
g	2. Enceladus	1	8	53	6,7	4,3125
e	3. Tethys	1	21	18	25,7	5,3396
d	4. Dione	2	17	41	8,9	6,8398
c	5. Rhea	4	12	25	10,8	9,5528
a	6. Titan	15	22	41	25,2	22,1450
h	7. Hyperion	22	12	?		28,0000?
b	8. Japetus	79	7	53	40,4	64,3590

Zwischen den ersten vier, dem Saturn nächsten Satelliten zeigt sich ein merkwürdiges Verhältnis der Kommensurabilität der Umlaufszeiten. Die Periode des 3. Satelliten (Tethys) ist das Doppelte von der des 1. (Mimas), der 4. Satellit (Dione) hat die doppelte Umlaufszeit des 2. (Enceladus). Die Genauigkeit geht bis auf $\frac{1}{800}$ der längeren Periode. Dieses nicht beachtete Resultat ist mir bereits im November 1845 in Briefen von Sir John Herschel mitgeteilt worden. Die vier Trabanten des Jupiter zeigen eine gewisse Regelmäßigkeit in den Abständen, sie bieten ziemlich nahe die Reihe 3 . 6 . 12 dar. Der 2. ist vom 1. in Halbmessern des Jupiter entfernt 3,6, der 3. vom 2. 5,7, der 4. vom 3. 11,6. Das sogenannte Gesetz von Titius haben dazu Fries und Challis in allen Satellitensystemen, selbst in dem des Uranus, nachzuweisen versucht.

Uranus.[57]

Die anerkannte Existenz dieses Weltkörpers, die große Entdeckung von William Herschel, hat nicht bloß die Zahl der seit Jahrtausenden allein bekannten sechs Hauptplaneten zuerst vermehrt und den Durchmesser des planetarischen Sonnen-

gebietes mehr als verdoppelt, sie hat auch durch die Störungen, welche Uranus aus lange unbekannter Ferne erlitt, nach 65 Jahren zu der Entdeckung des Neptun geleitet. Uranus wurde zufällig (13. März 1781) bei der Untersuchung einer kleinen Sterngruppe in den Zwillingen durch seine kleine Scheibe erkannt, welche unter Vergrößerungen von 460 und 932mal weit mehr zunahm, als es der Fall war bei anderen daneben stehenden Sternen. Auch bemerkte der scharfsinnige, mit allen optischen Erscheinungen so vertraute Entdecker, daß die Lichtintensität bei starker Vergrößerung in dem neuen Weltkörper beträchtlich abnahm, während sie bei den Fixsternen gleicher (6. bis 7. Größe) dieselbe blieb.

Herschel nannte den Uranus, als er seine Existenz anfangs verkündete, einen Kometen, und erst die vereinten Arbeiten von Saron, Lexell, Laplace und Méchain, welche durch des verdienstvollen Bodes Auffindung (1784) älterer Beobachtungen des Gestirnes von Tobias Mayer (1756) und Flamsteed (1690) ungemein erleichtert wurden, haben die elliptische Bahn des Uranus und seine ganz planetarischen Elemente bewundernswürdig schnell festgestellt. Die mittlere Entfernung des Uranus von der Sonne ist nach Hansen 19,18239 oder 396½ Millionen geogr. Meilen (2942 Millionen km), seine siderische Umlaufszeit $84^{J}\ 5^{T}\ 19^{h}\ 41'\ 36''$, seine Neigung gegen die Ekliptik $0^{\circ}\ 46'\ 28''$, der scheinbare Durchmesser in der mittleren Entfernung von der Erde 9,9″. Seine Masse, welche die ersten Trabantenbeobachtungen zu $\frac{1}{17918}$ bestimmt hat, ergibt sich nach Lamonts Beobachtung nur zu $\frac{1}{24905}$; danach fiele seine Dichtigkeit zwischen die des Jupiter und des Saturn. Eine Abplattung des Uranus wurde schon von Herschel, als derselbe Vergrößerungen von 800 bis 2400mal anwandte, vermutet. Nach Mädlers Messungen in den Jahren 1842 und 1843 würde sie zwischen $\frac{1}{10,7}$ und $\frac{1}{9,9}$ zu fallen scheinen. Daß die anfangs vermuteten zwei Ringe des Uranus eine optische Täuschung waren, ist von dem immer so vorsichtig und ausdauernd prüfenden Entdecker selbst erkannt worden.

Satelliten des Uranus.[58]

„Uranus," sagt Herschel der Sohn, „ist von 4, wahrscheinlich von 5 oder 6 Satelliten umgeben." Es bieten dieselben eine große, bisher noch nirgends im Sonnensysteme

aufgefundene Eigentümlichkeit dar, die nämlich, daß, wenn alle Satelliten (der Erde, des Jupiter, des Saturn), wie auch alle Hauptplaneten sich von West nach Ost bewegen und, einige Asteroiden abgerechnet, nicht viel gegen die Ekliptik geneigt sind, die fast ganz kreisförmige Bahn der Uranustrabanten unter einem Winkel von 78° 58', also nahe senkrecht auf der Ekliptik steht, und die Trabanten selbst sich von Ost nach West bewegen. Bei den Satelliten des Uranus, wie bei denen des Saturn, sind wohl zu unterscheiden die Reihung und Nomenklatur der Zählung nach Maßgabe der Abstände vom Hauptplaneten, und die Reihung nach Maßgabe der Epochen der Entdeckung. [S. Zusätze am Schluß dieses Bandes.] Von den Uranussatelliten wurden zuerst durch William Herschel aufgefunden (1787) der 2. und 4., dann (1790) der 2. und 5., zuletzt (1794) der 6. und 3. In den 56 Jahren, welche seit der letzten Entdeckung eines Uranussatelliten (des 3.) verflossen sind, ist oft und mit Ungerechtigkeit an der Existenz von 6 Uranustrabanten gezweifelt worden; Beobachtungen der letzten 20 Jahre haben allmählich erwiesen, wie zuverlässig der große Entdecker von Slough auch in diesem Teile der planetarischen Astronomie gewesen ist. Es sind bisher wiedergesehen worden der 1., 2., 4. und 6. Satellit des Uranus. Vielleicht darf man auch den 3. hinzusetzen, nach der Beobachtung Lassells vom 6. November 1848. Wegen der großen Oeffnung seines Spiegelteleskops und der dadurch erlangten Lichtfülle hielt Herschel der Vater, bei der Schärfe seines Gesichtes, unter günstigen Luftverhältnissen schon eine Vergrößerung von 157mal für hinlänglich; der Sohn schreibt für diese so überaus kleinen Lichtscheiben (Lichtpunkte) im allgemeinen eine 300malige Vergrößerung vor. Der 2. und 4. Satellit sind am frühesten, sichersten und häufigsten wiedergesehen worden von Sir John Herschel in den Jahren 1828 bis 1834 in Europa und am Vorgebirge der guten Hoffnung, später von Lamont in München und Lassell in Liverpool. Der 1. Satellit des Uranus wurde von Lassell (14. September bis 9. November 1847) und von Otto Struve (8. Oktober bis 10. Dezember 1847), der äußerste (6.) von Lamont (1. Oktober 1857) aufgefunden. Noch gar nicht wiedergesehen scheint der 5., nicht befriedigend genug der 3. Satellit. Die hier zusammengestellten Einzelheiten sind auch deshalb nicht ohne Wichtigkeit, weil sie von neuem zu der Vorsicht anregen, sogenannten negativen Beweisen nicht zuviel zu trauen.

Neptun.[1]

Das Verdienst, eine umgekehrte Störungsaufgabe (die: „aus den gegebenen Störungen eines bekannten Planeten die Elemente des unbekannten störenden herzuleiten") erfolgreich bearbeitet und veröffentlicht, ja durch eine kühne Vorherverkündigung die große Entdeckung des Neptun von Galle am 23. September 1846 veranlaßt zu haben, gehört der scharfsinnigen Kombinationsgabe, der ausdauernden Arbeitsamkeit von le Verrier. Es ist, wie Encke sich ausdrückt, die glänzendste unter allen Planetenentdeckungen, weil rein theoretische Untersuchungen die Existenz und den Ort des neuen Planeten haben voraussagen lassen. Die so schnelle Auffindung selbst ist durch die vortreffliche akademische Berliner Sternkarte von Bremiker begünstigt worden.

Wenn unter den Abständen der äußeren Planeten von der Sonne der Abstand des Saturn (9,53) fast doppelt so groß als der des Jupiter (5,20), der Abstand des Uranus (19,18) aber mehr als das Doppelte von dem des Saturn ist, so fehlen dagegen dem Neptun (30,04) zur abermaligen (dritten) Verdoppelung der Abstände noch volle 10 Erdweiten, d. i. ein ganzes Drittel von seinem Sonnenabstande. Die planetarische Grenze ist dermalen 621 Mill. geogr. Meilen (4600 Mill. km) von dem Centralkörper entfernt; durch die Entdeckung des Neptun ist der Markstein unseres planetarischen Wissens um mehr als 223 Mill. Meilen = 1640 Mill. km (über 10,8 Abstände der Sonne von der Erde) weiter gerückt. Je nachdem man die Störungen erkennt, welche der jedesmalige letzte Planet erleidet, werden so allmählich andere und andere Planeten entdeckt werden, bis diese wegen ihrer Entfernung aufhören, unseren Fernröhren sichtbar zu sein.

Nach den neuesten Bestimmungen ist die Umlaufszeit des Neptun 60 126,7 Tage oder 164 Jahre und 226 Tage, und seine halbe große Achse 30,03628. Die Exzentrizität seiner Bahn, nächst der der Venus die kleinste, ist 0,00871946, seine Masse $\frac{1}{14446}$, sein scheinbarer Durchmesser nach Encke und Galle 2,70", nach Challis sogar 3,07", was die Dichtigkeit im Verhältnis zu der der Erde zu 0,230, also größer als die des Uranus (0,178), gibt.[2]

Dem Neptun wurde, bald nach der ersten Entdeckung durch Galle, von Lassell und Challis ein Ring zugeschrieben. Der erstere hatte eine Vergrößerung von 567mal angewandt, und versucht, die große Neigung des Ringes gegen die Ekliptik zu bestimmen, aber spätere Untersuchungen haben bei Neptun, wie lange vorher bei Uranus, den Glauben an einen Ring vernichtet.

Ich berühre aus Vorsicht kaum in diesem Werke die allerdings früheren, aber unveröffentlichten und durch einen anerkannten Erfolg nicht gekrönten Arbeiten des so ausgezeichneten und scharfsinnigen englischen Geometers, Herrn J. C. Adams von St. Johns College zu Cambridge. Die historischen Thatsachen, welche sich auf diese Arbeiten und auf le Verriers und Galles glückliche Entdeckung des neuen Planeten beziehen, sind in zwei Schriften, von dem Astronomer royal Airy und von Bernhard von Lindenau, umständlich, parteilos und nach sicheren Quellen entwickelt worden.[61] Geistige Bestrebungen, fast gleichzeitig auf dasselbe wichtige Ziel gerichtet, bieten in rühmlichem Wettkampfe ein um so lebhafteres Interesse dar, als sie durch die Wahl der angewandten Hilfsmittel den dermaligen glänzenden Zustand des höheren mathematischen Wissens bezeugen.

Satelliten des Neptun.

Wenn in den äußeren Planeten die Existenz eines Ringes bis jetzt sich nur ein einziges Mal darbietet, und seine Seltenheit vermuten läßt, daß die Entstehung und Bildung einer materiellen losen Umgürtung von dem Zusammentreffen eigener, schwer zu erfüllender, Bedingnisse abhängt, so ist dagegen die Existenz von Satelliten, welche die äußeren Hauptplaneten (Jupiter, Saturn, Uranus) begleiten, eine um so allgemeinere Erscheinung. Lassell erkannte schon anfang August 1847 mit Sicherheit[62] den ersten Neptunstrabanten in seinem großen 20füßigen Reflektor mit 24zölliger Oeffnung. Otto Struve[63] zu Pulkowa (11. September bis 20. Dezember 1847) und Bond, der Direktor der Sternwarte zu Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika (16. September 1847) bestätigen Lassells Entdeckung. Die Pulkowaer Beobachtungen gaben die Umlaufszeit des Neptunstrabanten zu

$5^{\mathfrak{T}}\,21^{\mathfrak{h}}\,7'$, die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik zu $34^{\circ}\,7'$, die Entfernung vom Mittelpunkt des Hauptplaneten zu 54 000 geogr. Meilen, die Masse zu $\frac{1}{11500}$. Drei Jahre später (14. August 1850) entdeckte Lassell einen zweiten Neptunstrabanten, auf welchen er 628malige Vergrößerungen anwandte. Diese letzte Entdeckung ist, glaube ich, bisher noch nicht von anderen Beobachtern bestätigt worden.

Anmerkungen.

[1] (S. 349.) Vergl. die Beobachtungen des schwedischen Mathematikers Vigerus Vassenius zu Gotenburg während der totalen Sonnenfinsternis des 2. Mai 1733, und den Kommentar dazu von Arago im Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1846. p. 441 und 462. Dr. Galle, welcher am 28. Juli 1851 zu Frauenburg beobachtete, sah das „frei schwebende Wölkchen durch drei oder noch mehr Fasern mit der hakenförmigen (gekrümmten) Gibbosität verbunden."

[2] (S. 349.) Vergl., was ein sehr geübter Beobachter, der Schiffskapitän Bérard, am 8. Juli 1842 in Toulon beobachtete. „Il vit une bande rouge très mince, dentelée irrégulièrement"; a. a. O. p. 416.

[3] (S. 349.) Dieser Umriß des Mondes, während der totalen Sonnenfinsternis am 8. Juli 1842 von vier Beobachtern genau erkannt, war vorher bei ähnlichen Sonnenfinsternissen noch nie beschrieben worden. Die Möglichkeit des Sehens von einem äußeren Mondumrisse scheint abhängig von dem Lichte, welches die dritte, äußerste Umhüllung der Sonne und der Lichtring (die Strahlenkrone) geben. „La lune se projette *en partie* sur l'atmosphère du Soleil. Dans la portion de la lunette où l'image de la lune se forme, il n'y a que la lumière provenant de l'atmosphère terrestre. La lune ne fournit rien de sensible et, semblable à un écran, elle arrête tout ce qui provient de plus loin et lui correspond. En dehors de cette image, et précisément à partir de son bord, le champ est éclairé à *la fois* par la lumière de l'atmosphère terrestre et par la *lumière de l'atmosphère solaire*. Supposons que ces deux lumières réunies forment un total plus fort de $\frac{1}{60}$ que la lumière atmosphérique terrestre, et, dès ce moment, le bord de la lune sera visible. Ce genre de vision peut prendre le nom de *vision négative*; c'est en effet par une *moindre intensité* de la portion du champ de la lunette où existe l'image de la lune, que le *contour* de cette image est aperçu. Si l'image était *plus intense* que le reste du champ, la vision serait positive." Arago a. a. O. p. 384.

[4] (S. 350.) Bei dem Merkurdurchgange vom 4. Mai 1832 fanden Mädler und Wilhelm Beer den Durchmesser des Merkur 583 Meilen (4326 km); aber in der Ausgabe der Astronomie v. 1849 hat Mädler das Besselsche Resultat vorgezogen. [Neuere Messungen geben dem Monde einen Aequatorialdurchm. von bloß 3480 km. — D. Herausg.]

[5] (S. 350.) Der berühmte Verfasser gesteht aber selbst, daß zur Bestimmung der Merkurmasse er sich gegründet habe auf die „hypothèse très précaire qui suppose les densités de Mercure et de la Terre réciproque à leur moyenne distance du Soleil." — Ich habe weder der 58000 Fuß (18840 m) hohen Bergzüge auf der Merkurscheibe, die Schröter gemessen haben will und die schon Kaiser bezweifelt, noch der von Lemonnier und Messier behaupteten Sichtbarkeit einer Merkuratmosphäre, während der Durchgänge vor der Sonne, noch der vorübergehenden Wolkenzüge und Oberflächenverdunkelung auf dem Planeten erwähnen mögen. Bei dem Durchgange, den ich in Peru am 8. November 1802 beobachtete, bin ich sehr auf die Schärfe des Umrisses des Planeten während des Austrittes aufmerksam gewesen, habe aber nichts von einer Umhüllung bemerkt.

[6] (S. 350.) Le Verrier hat die Masse des Merkur aus der anziehenden Kraft berechnet, die der Planet auf die Nachbarplaneten Venus und Erde ausübt, und in dem ersteren Falle, abweichend von den im Humboldtschen Texte angegebenen Zahlen, gleich $\frac{1}{5810000}$, in letzterem gleich $\frac{1}{4390000}$ der Sonnenmasse gefunden. Beide Bestimmungen sind aber wegen der Kleinheit der ausgeübten Wirkungen erheblich unsicher. Dagegen ergab sich aus den Bewegungen des viel günstigere Bedingungen bietenden Enckeschen Kometen nach den neueren Berechnungen von Astens ein beträchtlich kleinerer Wert, nämlich $\frac{1}{7,936140}$ der Sonnenmasse, oder etwa $\frac{1}{2}$ der Masse der Erde. Die mittlere Dichtigkeit des Merkur ist hiernach 0,8 im Vergleich zur Erde, oder etwa $4\frac{1}{2}$mal größer als die Dichtigkeit des Wassers bei 4° C. — [D. Herausg.]

[7] (S. 351.) „Der Ort der Venusbahn, in welchem der Planet uns in dem hellsten Lichte erscheinen kann, so daß er selbst mit unbewaffnetem Auge am Mittag zu sehen ist, liegt zwischen der unteren Konjunktion und der größten Digression, nahe bei der letzten, nahe dem Abstande von 40° von der Sonne, oder von dem Orte der unteren Konjunktion. Im Mittel erscheint Venus in ihrem schönsten Lichte, 40° östlich und westlich von der Sonne entfernt, wenn ihr scheinbarer Durchmesser, welcher in der unteren Konjunktion bis auf 66" anwachsen kann, nur etwa 40" hat, und wenn die größte Breite ihrer beleuchteten Phase kaum 10" mißt. Die Erdnähe gibt dann der schmalen Lichtsichel ein so intensives Licht, daß sie in der Abwesenheit der Sonne Schatten wirft. Ob Kopernikus die Notwendigkeit einer künftigen Entdeckung von Venusphasen vorherverkündigt hat, wie in Smiths Optics. Sect. 1050, und in vielen anderen Schriften wiederholt behauptet

wird, ist neuerlichst durch Professor de Morgans genauere Untersuchung von dem Werte De Revolutionibus, wie es auf uns gekommen, überaus zweifelhaft geworden.

[8] (S. 351.) Le Verrier fand die Masse der Venus aus seiner Untersuchung der Erdbewegung zu $\frac{1}{400246}$, aus der Marstheorie zu $\frac{1}{412150}$ der Sonnenmasse, mithin nahe gleich $^{1}/_{5}$ der Erdmasse. Die mittlere Dichtigkeit der Venus ist daher ein wenig ($^{1}/_{20}$) geringer als die der Erde. — [D. Herausg.]

[9] (S. 352.) Das Resultat von Bianchini ist verteidigt worden von Hussey und Flaugergues; auch Hansen, dessen Autorität mit Recht so groß ist, hielt es bis 1836 für das wahrscheinlichere.

[10] (S. 352.) Arago über die Lilienthaler merkwürdige Beobachtung des 12. August 1790 im Annuaire pour 1842, p. 539. („Ce qui favorise aussi la probabilité de l'existence d'une atmosphère qui enveloppe Vénus, c'est le résultat optique obtenu par l'emploi d'une lunette prismatique. L'intensité de la lumière de l'intérieur du croissant est sensiblement plus faible que celle des points situés dans la partie circulaire du disque de la planète." Arago, Handschriften von 1847.)

[11] (S. 352.) Der sogenannte Venusmond, den Fontana, Dominikus Cassini und Short wollen erkannt haben, für den Lambert Tafeln berechnete, und der in Crefeld volle drei Stunden nach dem Austritt der Venus in dem Mittelpunkt der Sonnenscheibe soll gesehen worden sein, gehört zu den astronomischen Mythen einer unkritischen Zeit.

[12] (S. 353.) Der von Humboldt angegebene Wert hat lange als sehr genau gegolten, bis in den letzten Dezennien aus anderen astronomischen Erscheinungen, sowie aus der Theorie der Planetenbewegung mit steigender Sicherheit auf eine geringere Entfernung der Erde von der Sonne geschlossen werden mußte. Man nimmt sie gegenwärtig im Mittel zu 148½ Mill. km an, gegenüber den fast 149 Mill. km, welche die frühere Ziffer darstellt. — [D. Herausg.]

[13] (S. 353.) Nach den neuesten Berechnungen von Clarke im Juni 1878 beträgt der Aequatorialhalbmesser der Erde 6378,1,9 km, ihr Polarhalbmesser 6356,55 km. — [D. Herausg.]

[14] (S. 354.) „La lumière de la lune est jaune, tandis que celle de Vénus est blanche. Pendant le jour la lune paraît blanche, parce qu'à la lumière du disque lunaire se mêle la lumière bleue de cette partie de l'atmosphère que la lumière jaune de la lune traverse." Arago in Handschr. von 1847. Die am meisten brechbaren Farben im Spektrum, von Blau bis Violett ergänzen sich, Weiß zu bilden, mit den weniger brechbaren, von Rot bis Grün.

[15] (S. 355.) Merkwürdig genug hat es mir immer geschienen,

daß von den frühesten Zeiten her, wo Wärme nur durch das Gefühl bestimmt wurde, der Mond zuerst die Idee erregt hat, daß Licht und Wärme getrennt gefunden werden könnten. Bei den Indern heißt im Sanskrit der Mond als König der Sterne der kalte (sitala, hima), auch der kaltstrahlende (himán'su), während die Sonne mit ihren Strahlenhänden ein Schöpfer der Wärme (nidâghakara) heißt. Die Flecken des Mondes, in denen westliche Völker ein Gesicht zu erkennen glauben, stellen nach indischer Ansicht ein Reh oder einen Hasen vor, daher die Sanskritnamen des Mondes Rehträger (mrigadhara, oder Hasenträger (s'a'sabhrit). Bei den Griechen wird geklagt, „daß das Sonnenlicht, von dem Monde reflettiert, alle Wärme verliere, so daß uns nur schwache Reste davon überkommen". In Macrobius heißt es: „Luna speculi instar lumen quo illustratur . . . . rursus emittit, nullum tamen ad nos perferentem sensum caloris: quia lucis radius, cum ad nos de origine sua, id est de Sole, pervenit, naturam secum ignis de quo nascitur devehit; cum vero in lunae corpus infunditur et inde resplendet, solam refundit claritatem, non calorem."

[16] (S. 355.) S. Lambert, Sur la lumière cendrée de la Lune in den Mém. de l'Acad. de Berlin, Année 1773. p. 46: „La Terre, vue des planètes, pourra paroître d'une lumière verdâtre, à peu près comme Mars nous paroit d'une couleur rougeâtre." Wir wollen darum nicht mit dem scharfsinnigen Manne die Vermutung aufstellen, daß der Planet Mars mit einer roten Vegetation, wie mit rosenroten Gebüschen der Bougainvillaea bedeckt sei. — „Wenn in Mitteleuropa der Mond kurz vor dem Neumonde in den Morgenstunden am Osthimmel steht, so erhält er das Erdlicht hauptsächlich von den großen Plateauflächen Asiens und Afrikas. Steht der Mond aber nach dem Neumonde abends in Westen, so kann er nur den Reflex von dem schmäleren amerikanischen Kontinent und hauptsächlich von dem weiten Ozean in geringerer Menge empfangen." Wilhelm Beer und Mädler, Der Mond nach seinen kosmischen Verhältnissen § 106, S. 152.

[17] (S. 355.) Séance de l'Academie des Sciences le 5 août 1833: „Mr. Arago signale la comparaison de l'intensité lumineuse de la portion de la lune que les rayons solaires éclairent directement, avec celle de la partie du même astre qui reçoit seulement les rayons réfléchis par la terre. Il croit d'après les expériences qu'il a déjà tentées à cet égard, qu'on pourra, avec des instruments perfectionnés, saisir dans la *lumière cendrée* les différences de l'éclat plus ou moins nuageux de l'atmosphère de notre globe. Il n'est donc pas impossible, malgré tout ce qu'un pareil résultat exciterait de surprise au premier coup d'oeil, qu'un jour les météorologistes aillent puiser dans l'aspect de la lune des notions précieuses

sur *l'état moyen* de diaphanité de l'atmosphère terrestre, dans les hémisphères qui successivement concourent à la production de la lumière cendrée."

[18] (S. 356.) „On conçoit que la vivacité de la lumière rouge ne dépend pas uniquement de l'état de l'atmosphère, qui réfracte, plus ou moins affaiblis, les rayons solaires, en les infléchissant dans le cône d'ombre; mais qu'elle est modifiée surtout par la transparence variable de la partie de l'atmosphère à travers laquelle nous apercevons la lune éclipsée. Sous les Tropiques, une grande sérénité du ciel, une dissémination uniforme des vapeurs diminuent l'extinction de la lumière que le disque lunaire nous renvoie." Humboldt, Voyage aux Régions équinoxiales T. III. p. 544 und Recueil d'Observ. astronomiques Vol. II. p. 145. (Arago bemerkt: „Les rayons solaires arrivent à notre satellite par l'effet d'une réfraction et à la suite d'une absorption dans les couches les plus basses de l'atmosphère terrestre: pourraient-ils avoir une autre teinte que le rouge?" Annuaire pour 1842, p. 528.)

[19] (S. 356.) Babinet erklärt die Rötung für eine Folge der Diffraktion in einer Notiz über den verschiedenen Anteil des weißen, blauen und roten Lichtes, welches sich bei der Inflexion erzeugt: „La lumière diffractée qui pénètre dans l'ombre de la terre, prédomine toujours et même a été seule sensible. Elle est d'autant plus rouge ou orangée qu'elle se trouve plus près du centre de l'ombre géométrique; car ce sont les rayons les moins réfrangibles qui se propagent le plus abondamment par diffraction, à mesure qu'on s'éloigne de la propagation en ligne droite." Die Phänomene der Diffraktion finden, nach den scharfsinnigen Untersuchungen von Magnus (bei Gelegenheit einer Diskussion zwischen Airy und Faraday), auch im luftleeren Raume statt.

[20] (S. 357.) Plutarch, Moral. ed. Wyttenb. T. IV, p. 780—783: „Die feurige, kohlenartig glimmende (ἀνθρακώδης) Farbe des verfinsterten Mondes (um die Mitternachtsstunde) ist, wie die Mathematiker behaupten, schon des Wechsels wegen von Schwarz in Rot und Bläulich, keineswegs als eine der erdigen Oberfläche des Planeten eigentümliche Beschaffenheit zu betrachten." Auch Dio Cassius, der sich ausführlich mit den Mondfinsternissen überhaupt, und mit merkwürdigen Editten des Kaisers Claudius, welche die Dimension des verfinsterten Teiles vorherverkündigten, viel beschäftigt, macht auf die so verschiedene Färbung des Mondes während der Konjunktion aufmerksam. „Groß," sagt er, „ward die Verwirrung im Lager des Vitellius bei der in derselben Nacht eintretenden Finsternis. Doch nicht sowohl die Finsternis an sich, obgleich sie bei mangelnder Geistesruhe unglückbedeutend erscheinen kann, als vielmehr der Umstand, daß der Mond

in blutroter, schwarzer und anderen traurigen Farben spielte, erfüllte die Seele mit bangen Besorgnissen."

[21] (S. 357.) Die so oft angeführte, von dem besseren oder schlechteren Erkennen kleiner Oberflächengestaltungen hergenommene Beweis der Wirklichkeit einer Mondluft, und „der in den Thälern umherziehenden Mondnebel" ist der unhaltbarste von allen, wegen der stets wechselnden Beschaffenheit (Verdunkelung und Erhellung) der oberen Schichten unserer eigenen Atmosphäre. Betrachtungen über die Gestalt des einen Mondhornes bei der Sonnenfinsternis am 5. September 1793 hatten William Herschel auch schon gegen die Annahme einer Mondatmosphäre entscheiden lassen.

[22] (S. 357.) Sir John Herschel macht aufmerksam auf den Eintritt von solchen Doppelsternen, die wegen zu großer Nähe der Individuen, aus denen sie bestehen, nicht im Fernrohr getrennt werden können.

[23] (S. 358.) „Der wahrscheinliche Ursache der Irradiation ist ein durch das Licht erregter Reiz, welcher sich auf der Netzhaut ein wenig über den Umriß des Bildes fortpflanzt."

[24] (S. 358.) Arago in den Comptes rendus T. VIII, 1839, p. 713 und 883: „Les phénomènes d'irradiation signalés par Mr. Plateau sont regardés par Mr. Arago comme les effets des aberrations de réfrangibilité et de sphéricité de l'oeil, combinés avec l'indistinction de la vision, conséquence de circonstances dans lesquelles les observateurs se sont placés. Des mesures exactes prises sur des disques noirs à fond blanc et des disques blancs à fond noir, qui étaient placés au Palais du Luxembourg, visibles à l'Observatoire, n'ont pas indiqué les effets de l'irradiation."

[25] (S. 358.) Der Schatten des Athos, welchen auch der Reisende Pierre Belon gesehen, traf die eherne Kuh auf dem Marktplatze der Stadt Myrine auf Lemnos.

[26] (S. 358.) Es bedarf kaum einer Erinnerung, daß alles, was die Topographie der Mondfläche betrifft, aus dem vortrefflichen Werke meiner beiden Freunde entlehnt ist, von denen der erste, Wilhelm Beer, uns nur zu früh entrissen wurde. Zur leichteren Orientierung ist das schöne Uebersichtsblatt zu empfehlen, welches Mädler 1837, also drei Jahre nach der großen, aus vier Blättern bestehenden Mondkarte herausgegeben hat.

[27] (S. 358.) Plut., De facie in orbe Lunae p. 726 bis 729, Wyttenb. Diese Stelle ist zugleich nicht ohne Interesse für die alte Geographie. (Nach einer sehr merkwürdigen Stelle des Plutarch in dem Leben des Nicias Kap. 42 hat Anaxagoras selbst, der „den bergreichen Mond eine andere Erde" nennt, eine Zeichnung der Mondscheibe entworfen. — Ich war einst sehr verwundert, einen sehr gebildeten Perser aus Ispahan, welcher gewiß nie ein griechisches Buch gelesen hatte, als ich ihm in Paris die Mond-

flecken in einem großen Fernrohr zeigte, die im Text erwähnte Hypothese des Ageſianax von Spiegelung als eine in ſeinem Vaterlande viel verbreitete anführen zu hören. „Was wir dort im Monde ſehen," ſagte der Perſer, „ſind wir ſelbſt; es iſt die Karte unſerer Erde." Einer der Interlokutoren des Plutarchiſchen Mondgeſpräches würde ſich nicht anders ausgedrückt haben. — Wenn auf dem luft- und waſſerleeren Monde Menſchen als Bewohner gedacht werden könnten, ſo würde ſich ihnen an dem faſt ſchwarzen Tageshimmel in 14mal größerer Fläche, als die iſt, welche uns der Vollmond zuwendet, die rotierende Erde mit ihren Flecken gleich einer Weltkarte und zwar immer an derſelben Stelle darbieten. Die ſtets wechſelnden Verdeckungen und Trübungen unſerer Atmoſphäre würden aber dem geographiſchen Studium etwas hinderlich ſein und die Umriſſe der Kontinente verwiſchen.

[28] (S. 361.) Höchſter Gipfel des Himalaya und (bisher!) der ganzen Erde, Kinchin-junga, nach Waughs neuerer Meſſung (8587 m) 4406 Toiſen oder 28 178 engliſche Fuß (1,16 einer geogr. Meile); höchſter Gipfel der Mondberge nach Mädler 3800 Toiſen = 7401 m (genau eine geogr. Meile); Durchmeſſer des Mondes 454, der der Erde 1718 geogr. Meilen, woraus folgt für den Mond $\frac{1}{454}$, für die Erde $\frac{1}{4181}$.

[29] (S. 363.) Robert Hooke, Micrographia 1667. Obs. LX. p. 242—246: „These seem to me to have been the effects of some motions within the body of the Moon, analogous to our Earthquakes, by the eruption of which, as it has thrown up a brim or ridge round about, higher than the ambient surface of the Moon, so has it left a hole or depression in the middle, proportionably lower." Hooke ſagt von ſeinem Verſuche mit boyling alabaster, daß „presently ceasing to boyl, the whole surface will appear all over covered with small pits, exactly shap'd like these of the Moon. — The earthy part of the Moon has been undermin'd or heav'd up by eruptions of vapours, and thrown into the same kind of figured holes as the powder of Alabaster. It is not improbable also, that there may be generated, within the body of the Moon, divers such kind of internal fires and heats, as may produce exhalations."

[30] (S. 363.) Ptolemäus hat 24 (178 km), Alfons und Hipparch haben 19 Meilen (141 km) Durchmeſſer.

[31] (S. 363.) Im Einklang mit dem Ergebnis neuerer experimenteller Forſchungen kann man die eigentümlichen Oberflächenbildungen des Mondes, wie ſie uns in den ſogenannten Kratern entgegentreten, als Blaſenbildungen bezeichnen, die durch das Entweichen innerer Gaſe verurſacht wurden. Die Natur der wenigſten dieſer Gebilde hat etwas mit derjenigen unſerer Krater gemein. — [D. Herausg.]

[32] (S. 364.) Eine Ausnahme sollen machen Arzachel und Herkules; der erste mit einem Krater im Gipfel, der zweite mit einem Seitenkrater. Diese geognostisch wichtigen Punkte verdienen neue Untersuchung mit vollkommneren Instrumenten. Von Lavaströmen, die sich in tiefen Punkten anhäufen, ist bisher nie etwas erkannt worden. Die Strahlen, welche vom Aristoteles nach drei Richtungen ausgehen, sind Hügelketten.

[33] (S. 364.) Einer ähnlichen Täuschung wie die vermeintlichen und sichtbaren vulkanischen Ausbrüche im Monde gehören an, nach neueren, gründlicheren Untersuchungen, die beobachteten temporären Veränderungen auf der Oberfläche des Mondes (Entstehung neuer Centralberge und Krater im Mare Crisium, in Hevelius und Cleomedes). — Die Frage, welches die kleinsten Gegenstände seien, deren Höhe oder Ausdehnung bei dem jetzigen Zustande der angewandten Instrumente noch gemessen werden können, ist im allgemeinen schwer zu beantworten. Nach dem Berichte des Dr. Robinson über das herrliche Spiegelteleskop von Lord Rosse erkennt man darin mit großer Klarheit Ausdehnungen von 220 Fuß (80 bis 90 Yard = 73 bis 82 m). Mädler rechnet, daß in seinen Beobachtungen noch Schatten von drei Sekunden meßbar waren, was, unter gewissen Voraussetzungen über die Lage eines Berges und die Höhe des Sonnenstandes, einer Berghöhe von 120 Fuß (39 m) zugehören würde. Er macht aber zugleich darauf aufmerksam, daß der Schatten eine gehörige Breite haben müsse, um sichtbar und meßbar zu sein. Der Schatten der großen Pyramide des Cheops würde, nach den bekannten Dimensionen (Flächenausdehnungen) dieses Monumentes, selbst im Anfangspunkte kaum $^1/_9$ Sekunde breit und also unsichtbar sein. Arago erinnert, daß mit einer Vergrößerung von 6000mal, die ohnedies nicht mit verhältnismäßigem Erfolge auf den Mond anzuwenden wäre, die Mondberge uns ungefähr ebenso erscheinen würden, als mit bloßem Auge der Montblanc vom Genfer See aus.

[34] (S. 364.) Die Rillen sind nicht häufig, höchstens 30 Meilen (220 km) lang; bisweilen gegabelt (Gassendi), selten aderartig (Triesnecker), immer leuchtend, nicht quer über Gebirge hinlaufend, nur den ebeneren Landschaften eigen; an den Endpunkten durch nichts ausgezeichnet, ohne breiter oder schmäler zu werden. [Gegenwärtig kennt man 400—500 solcher Rillen; über das eigentliche Wesen derselben ist man noch nicht recht im klaren, wenn man sie sich nicht etwa als gewaltige Risse im Boden betrachten darf. — D. Herausg.]

[35] (S. 365.) Laplaces Betrachtungen (ich möchte sie nicht Vorschläge nennen) zu einem perpetuierlichen Mondscheine haben von Liouville eine Widerlegung gefunden. „Quelques partisans des causes finales," sagt Laplace, „ont imaginé que la lune a été donnée à la terre pour l'éclairer pendant les nuits; dans ce cas, la nature n'aurait point atteint le but qu'elle se serait

proposé, puisque nous sommes souvent privés à la fois de la lumière du soleil et de celle de la lune. Pour y parvenir, il eût suffi de mettre à l'origine la lune en opposition avec le soleil dans le plan même de l'écliptique, à une distance égale à la centième partie de la distance de la terre au soleil, et de donner à la lune et à la terre des vitesses parallèles et proportionnelles à leurs distances à cet astre. Alors la lune, sans cesse en opposition au soleil, eût décrit autour de lui une ellipse semblable à celle de la terre; ces deux astres se seraient succédé l'un à l'autre sur l'horizon; et comme à cette distance la lune n'eût point été éclipsée, sa lumière aurait certainement remplacé celle du soleil." Liouville findet dagegen: „Que, si la lune avait occupé à l'origine la position particulière que l'illustre auteur de la *Mécanique céleste* lui assigne, elle n'aurait pu s'y maintenir que pendant un temps très court."

[36] (S. 365.) Sir John Herschel hält es „für sehr wahrscheinlich, daß auf dem Monde eine sehr hohe Temperatur herrsche (weit über dem Siedepunkt des Wassers), da die Oberfläche 14 Tage lang ununterbrochen und ungemildert der Sonnenwirkung ausgesetzt sei. Der Mond müsse daher in der Opposition oder wenige Tage nachher in einem kleinen Maße (in some small degree) eine Wärmequelle für die Erde werden; aber diese Wärme, von einem Körper ausströmend, der weit unter der Temperatur eines brennenden Körpers sei (below the temperature of ignition), könne nicht die Erdfläche erreichen, indem sie in den oberen Schichten unseres Luftkreises absorbiert und verbraucht werde, wo sie sichtbares Gewölk in durchsichtigen Dampf verwandele." Die Erscheinung der schnellen Wolkenzerstreuung durch den Vollmond bei nicht übermäßiger Wolkenbedeckung wird von Sir John Herschel „als eine meteorologische Thatsache" betrachtet, „die (setzt er hinzu) von Humboldts eigener Erfahrung und dem sehr allgemeinen Glauben spanischer Seefahrer in den amerikanischen Tropenmeeren bekräftigt sei".

[37] (S. 365.) Die erste und beträchtliche Verbesserung der Rotationszeit, welche Dominik Cassini 24 h 40′ gefunden, war die Folge mühevoller Beobachtungen von William Herschel (zwischen 1777 und 1781), welche 24 h 39′ 21,7″ gaben. Kunowsky fand 1821 24 h 36′ 40″, sehr nahe dem Mädlerschen Resultate. Cassinis älteste Beobachtung der Rotation eines Marsfleckens scheint bald nach dem Jahre 1670 gewesen zu sein; aber in der sehr seltenen Abhandlung: Kern, Diss. de scintillatione stellarum. Wittemb. 1686. § 8. finde ich als die eigentlichen Entdecker der Mars- und Jupitersrotationen angeführt: „Salvator Serra und den Pater Aegidius Franciscus de Cottiquez, Astronomen des Collegio Romano."

[38] (S. 365.) Der aus der Bewegung der beiden Marssatelliten

abgeleitete Wert beträgt nach Hall $\frac{1}{3093500}$ der Sonnenmasse oder etwa $\frac{1}{10}$ der Masse der Erde, und hiernach die Dichtigkeit des Mars bloß 0,71 jener Erde. [D. Herausg.]

[39] (S. 366.) Schröters sehr unvollkommene Messungen der Durchmesser der Planeten gaben dem Mars eine Abplattung von nur $\frac{1}{80}$.

[40] (S. 366.) Aus den Messungen von Main folgt der Betrag der Marsabplattung zu $\frac{1}{40}$; Hartwig fand $\frac{1}{78}$, Kaiser nur $\frac{1}{110}$, und die Beobachtungen Bessels ergaben gar keinen Unterschied zwischen den in verschiedenen Richtungen gemessenen Durchmessern. Jedenfalls liegt der wahre Wert der Abplattung hart an der Grenze des mit unseren gegenwärtigen Mitteln Meßbarem, auch hat man auf theoretischem Wege sie nur zu $\frac{1}{200}$ gefunden. [D. Herausg.]

[41] (S. 366.) Die Marsatmosphäre ist heute fast zur Gewißheit erhoben. Bemerkt sei auch noch, daß im August 1877 die wissenschaftliche Welt durch die Nachricht überrascht wurde, wonach Asaph Hall mit dem mächtigen Teleskope der Washingtoner Sternwarte zwei Satelliten des bis dahin für mondlos gehaltenen Mars entdeckt habe. Hinsichtlich ihres Volumens gehören diese Marsmonde wohl zu den kleinsten Körpern unseres Sonnensystems, denn ihre Durchmesser ergeben sich zu noch nicht 10 km. [D. Herausg.]

[42] (S. 367.) Der bittere Tadel, welchen man gegen einen hochgeachteten Philosophen ausgesprochen, „weil er zu einer Zeit, in der er Piazzis Entdeckung allerdings seit fünf Monaten hätte kennen können, sie aber nicht kannte, nicht sowohl die Wahrscheinlichkeit als vielmehr nur die Notwendigkeit leugnete, daß ein Planet zwischen Mars und Jupiter liege", scheint mir wenig gerecht. Hegel in seiner im Frühjahr und Sommer 1801 ausgearbeiteten Dissertatio de Orbitis Planetarum behandelt die Ideen der Alten von dem Abstande der Planeten; und indem er die Reihung anführt, von der Plato im Timäus (pag. 35 Steph.) spricht: 1 . 2 . 3 . 4 . 9 . 8 . 27 . . . ., leugnet er die Notwendigkeit einer Kluft. Er sagt bloß: „Quae series *si verior naturae ordo sit* quam arithmetica progressio, inter quartum et quintum locum magnum esse spatium, neque ibi planetam desiderari apparet." — Kant in seiner geistreichen Naturgeschichte des Himmels, 1755, äußert bloß, daß bei der Bildung der Planeten Jupiter durch seine ungeheure Anziehungskraft an der Kleinheit des Mars schuld sei. Er erwähnt nur einmal und auf eine sehr unbestimmte Weise „der Glieder des Sonnensystems, die weit voneinander abstehen und zwischen denen man die Zwischenteile noch nicht entdeckt hat".

[43] (S. 370.) Herr Daniel Kirkwood (von der Pottsville Academy) hat geglaubt, das Unternehmen wagen zu dürfen, den

geplatzten Urplaneten nach Art der urweltlichen Tiere aus fragmentarischen Ueberresten wieder herzustellen. Er findet demselben einen Durchmesser größer als Mars (von mehr als 1080 geographischen Meilen = 8000 km), und die langsamste aller Rotationen eines Hauptplaneten, eine Tageslänge von 57½ Stunden.

[44] (S. 370.) Nach Kaiser ist der äquatoriale Durchmesser des Jupiter bloß 140700 km, der polare 132400 km. [D. Herausg.]

[45] (S. 370.) Der Umlauf um die Sonne erfolgt nach neueren Berechnungen in 11 Jahren 317 Tagen 14 Stunden. [D. Herausg.]

[46] (S. 371.) Aeltere und unsichere Beobachtungen gaben sogar $\frac{1}{24}$. Laplace findet theoretisch bei zunehmender Dichte der Schichten zwischen $\frac{1}{24}$ und $\frac{5}{48}$.

[47] (S. 370.) Newtons unsterbliches Werk Philosophiae Naturalis Principia mathematica erschien schon im Mai 1687, und die Schriften der Pariser Akademie enthalten die Anzeige von Cassinis Bestimmung der Abplattung ($\frac{1}{15}$) erst im Jahre 1691, so daß Newton, der allerdings die Pendelversuche zu Cayenne von Richer aus der 1679 gedruckten Reise kennen konnte, die Gestalt des Jupiter durch mündlichen Verkehr und die damals so regsame briefliche Korrespondenz muß erfahren haben.

[48] (S. 372.) „On sait qu'il existe au-dessus et au-dessous de l'équateur de Jupiter deux bandes moins brillantes que la surface générale. Si on les examine avec une lunette, elles paraissent moins distinctes à mesure qu'elles s'éloignent du centre, et même elles deviennent tout-à-fait invisibles près des bords de la planète. Toutes ces apparences s'expliquent en admettant l'existence d'une atmosphère de nuages interrompue aux environs de l'équateur par une zone diaphane, produite peut-être par les vents alisés. L'atmosphère de nuages réfléchissant plus de lumière que le corps solide de Jupiter, les parties de ce corps que l'on verra à travers la zone diaphane, auront moins d'éclat que le reste et formeront les bandes obscures. A mesure qu'on s'éloignera du centre, le rayon visuel de l'observateur traversera des épaisseurs de plus en plus grandes de la zone diaphane, en sorte qu'à la lumière réfléchie par le corps solide de la planète s'ajoutera la lumière réfléchie par cette zone plus épaisse. Les bandes seront par cette raison moins obscures en s'éloignant du centre. Enfin aux bords mêmes la lumière réfléchie par la zone vue dans la plus grande épaisseur pourra faire disparaître la différence d'intensité qui existe entre les quantités de lumière réfléchie par la planète et par l'atmosphère de nuages: on cessera alors d'apercevoir les bandes qui n'existent qu'en vertu de cette différence. — On observe dans les pays de montagnes quelque chose d'analogue: quand on se trouve près d'une forêt de sapin, elle paraît noire: mais à mesure qu'on s'en

éloigne, les couches d'atmosphère interposées deviennent de plus en plus épaisses et réfléchissent de la lumière. La différence de teinte entre la forêt et les objets voisins diminue de plus en plus, elle finit par se confondre avec eux, si l'on s'en éloigne d'une distance convenable." (Aus Aragos Vorträgen über Astronomie 1841.)

[49] (S. 374.) Die neueren Untersuchungen über Saturn haben zu folgenden Ergebnissen geführt: Seine Entfernung von der Sonne schwankt wegen der Exzentrizität seiner Bahn ($^1/_{18}$) zwischen 1330 und 1490 Mill. km. Seine Bahn ist gegen die Ekliptik 2° 30′ geneigt. Einen ganzen Umlauf um die Sonne vollendet Saturn erst in 29 Jahren 174 Tagen. Seine Abplattung beträgt $\frac{1}{9,2}$, sein wahrer Durchmesser am Aequator 118300, der polare 105500 km. Die Materie des Saturn ist ungemein locker, ihre Dichte nur 0,13 der mittleren Dichte der Erde. Die Rotation fand Asaph Hall (1876) zu 10^h 18′ 23,8″. [D. Herausg.]

[50] (S. 374.) Die frühesten, sorgfältigsten Beobachtungen von William Herschel im November 1793 gaben für die Rotation des Saturn 10^h 16′ 44″. Mit Unrecht ist dem großen Weltweisen Immanuel Kant zugeschrieben worden, er habe in seiner geistreichen Allgemeinen Naturgeschichte des Himmels 40 Jahre vor Herschel nach theoretischen Betrachtungen die Rotationszeit des Saturn erraten. Die Zahl, die er angibt, ist 6^h 23′ 53″. Er nennt seine Bestimmung „die mathematische Berechnung einer unbekannten Bewegung eines Himmelskörpers, welche vielleicht die einzige Vorherverkündigung ihrer Art in der eigentlichen Naturlehre ist und von den Beobachtungen künftiger Zeiten die Bestätigung erwartet". Diese Bestätigung des Geahneten ist gar nicht eingetroffen; Beobachtungen haben einen Irrtum von $^1/_6$ des Ganzen, d. i. von vier Stunden, offenbart. Von dem Ringe des Saturn wird in derselben Schrift gesagt, daß „in der Anhäufung von Teilchen, welche ihn bilden, die des inwendigen Randes ihren Lauf in zehn Stunden, die des auswendigen Randes ihn in fünfzehn Stunden verrichten". Die erste dieser Ringzahlen steht allein der beobachteten Rotationszeit des Planeten (10^h 29′ 17″) zufällig nahe.

[51] (S. 374.) Laplace schätzt die Abplattung $\frac{1}{11}$. Die sonderbare Abweichung des Saturn von der sphäroidalen Figur, nach welcher William Herschel durch eine Reihe mühevoller, und noch dazu mit sehr verschiedenen Fernröhren angestellter Beobachtungen die größte Achse des Planeten nicht im Aequator selbst, sondern in einem den Aequatorialdurchmesser unter einem Winkel von ungefähr 45° schneidenden Durchmesser fand, ist durch Bessel nicht bestätigt, sondern irrig befunden worden.

[52] (S. 375.) Auch dieser Unterschied der Lichtintensität des äußeren und inneren Ringes ist bereits von Dominikus Cassini angegeben worden.

[53] (S. 375.) Die Veröffentlichung der Entdeckung oder vielmehr der vollständigen Erklärung aller Erscheinungen, welche Saturn und sein Ring darbieten, geschah erst vier Jahre später, im Jahre 1659, im Systema Saturnium.

[54] (S. 376.) Solche bergartige Unebenheiten hat neuerlichst wieder Lassell in Liverpool in einem selbstfabrizierten 26füßigen Spiegelteleskop erkannt.

[55] (S. 376.) Nach unserem heutigen Wissen von den Saturnringen steht es fest, daß sie nicht selbstleuchtend sind, sondern ihr Licht von der Sonne empfangen. Die schmale Kante des Ringsystems ist kaum mehr als 200 km breit. Tisserands neue, auf die Bewegung des innersten Saturnmondes Mimas gegründete Berechnung der Masse der Ringe hat zu dem erheblich kleineren Werte von $\frac{1}{620}$ geführt, wonach die mittlere Dicke der Ringe nicht viel mehr als 40 km betrüge. Nach Cl. Maxwells auf theoretischem Wege begründeter Ansicht ist weder ein fester noch ein flüssiger Zustand der Ringe aus mechanischen Motiven zulässig, vielmehr ist die wahrscheinlichste Annahme die, daß der Ring aus einer Unmenge getrennter fester oder flüssiger Teilchen bestehe, die regellos zerstreut oder auch in einzelnen Ringen zusammengeschart, mit einer ihrer Entfernung vom Planeten entsprechenden Geschwindigkeit ihn umkreisen. [D. Herausg.]

[56] (S. 376.) Man liest in den Actis Eruditorum pro anno 1684, p. 424 als Auszug aus dem Systema phaenomenorum Saturni autore Galletio, proposito eccl. Avenionensis: „Nonnunquam corpus Saturni *non exacte annuli medium* obtinere visum fuit. Hinc evenit, ut, quum planeta orientalis est, centrum ejus extremitati orientali annuli propius videatur, et major pars ab occidentali latere sit cum ampliore obscuritate."

[57] (S. 378.) Die neuesten Angaben über Uranus lauten: Umlaufszeit 84 Jahre 28 Tage, Exzentrizität seiner Bahn 0,045, Entfernung von der Sonne im Aphel 2980, im Perihel 2716 Mill. km. Wahrer Durchmesser 50 000 km. Masse $\frac{1}{22600}$ der Sonne, Dichte 0,24 der Erde. Ueber die Rotationsdauer herrscht völlige Ungewißheit. Abplattung nach Mädler ungefähr $\frac{1}{10}$, was aber angezweifelt wird. [D. Herausg.]

[58] S. 379.) Nach unserer heutigen Kenntnis reduziert sich die Zahl der Uranustrabanten auf nur vier. [D. Herausg.]

[59] (S. 381.) Die Entfernung Neptuns von der Sonne schwankt zwischen 4413 und 4493 Mill. km. Umlaufszeit 164 Jahre 321 Tage, Exzentrizität 0,009, Masse nach Newcomb $\frac{1}{19380}$ der Sonnenmasse. Ueber Neptuns physische Beschaffenheit, Rotation u. s. w. wissen wir absolut nichts. Er hat einen Trabanten. [D. Herausg.]

[60] (S. 381.) Das sehr wichtige Element der Masse des

Neptun ist allmählich gewachsen von $\frac{1}{20307}$ nach Adams, $\frac{1}{19440}$ nach Peirce, $\frac{1}{19400}$ nach Bond und $\frac{1}{18780}$ nach John Herschel, $\frac{1}{15480}$ nach Lassell, auf $\frac{1}{14449}$ nach Otto und August Struve. Das letzte Pulkowaer Resultat ist in den Text aufgenommen worden.

[61] (S. 382.) Le Verrier, von Arago dazu aufgefordert, fing im Sommer 1845 an, die Uranustheorie zu bearbeiten. Die Ergebnisse seiner Untersuchung legte er dem Institut am 10. November 1845, am 1. Juni, 31. August und 5. Oktober 1846 vor, und veröffentlichte zugleich dieselben; die größte und wichtigste Arbeit le Verriers, welche die Auflösung des ganzen Problems enthält, erschien aber in der Connaissance des temps pour l'an 1849. Adams legte, ohne etwas dem Druck zu übergeben, die ersten Resultate, die er für den störenden Planeten erhalten hatte, im September des Jahres 1845 dem Professor Challis, und mit einiger Abänderung im Oktober desselben Jahres dem Astronomer royal vor. Der letztere empfing mit neuen Korrektionen, welche sich auf eine Verminderung des Abstandes bezogen, die letzten Resultate von Adams im Anfange des Septembers 1846. Der junge Geometer von Cambridge drückt sich über die chronologische Folge von Arbeiten, welche auf einen und denselben großen Zweck gerichtet waren, mit so viel edler Bescheidenheit als Selbstverleugnung aus: „I mention these earlier dates merely to show, that my results were arrived at independently and previously to the publication of M. le Verrier, and not with the intention of interfering with his just claims to the honors of the discovery; for there is no doubt that his researches were first published to the world, and led to the actual discovery of the planet by Dr. Galle: so that the facts stated above cannot detract, in the slightest degree, from the credit due to M. le Verrier."

Da in der Geschichte der Entdeckung des Neptun oft von einem Anteil geredet worden ist, welchen der große Königsberger Astronom früh an der schon von Alexis Bouvard (dem Verfasser der Uranustafeln) im Jahre 1834 geäußerten Hoffnung „von der Störung des Uranus durch einen uns noch unbekannten Planeten" genommen habe, so ist es vielleicht vielen Lesern des Kosmos angenehm, wenn ich hier einen Teil des Briefes veröffentliche, welchen Bessel mir unter dem 8. Mai 1840 (also zwei Jahre vor seinem Gespräche mit Sir John Herschel bei dem Besuche zu Collingwood) geschrieben hat: „Sie verlangen Nachricht von dem Planeten jenseits des Uranus. Ich könnte wohl auf Freunde in Königsberg verweisen, die aus Mißverständnis mehr davon zu wissen glauben als ich selbst. Ich hatte die Entwickelung des Zusammenhanges zwischen den astronomischen Beobachtungen und der Astronomie zum Gegenstande einer (am 28. Februar 1840 gehaltenen) öffentlichen Vorlesung gewählt. Das Publikum weiß keinen Unterschied zwischen beiden;

seine Ansicht war also zu berichtigen. Die Nachweisung der Entwickelung der astronomischen Kenntnisse aus den Beobachtungen führte natürlich auf die Bemerkung, daß wir noch keineswegs behaupten können, unsere Theorie erkläre alle Bewegungen der Planeten. Die Beweise davon gab der Uranus, dessen alte Beobachtungen gar nicht in Elemente passen, welche sich an die späteren von 1783 bis 1820 anschließen. Ich glaube Ihnen schon einmal gesagt zu haben, daß ich viel hierüber gearbeitet habe, allein dadurch nicht weiter gekommen bin, als zu der Sicherheit, daß die vorhandene Theorie, oder vielmehr ihre Anwendung auf das in unserer Kenntnis vorhandene Sonnensystem, nicht hinreicht, das Rätsel des Uranus zu lösen. Indessen darf man es deshalb, meiner Meinung nach, nicht als unauflösbar betrachten. Zuerst müssen wir genau und vollständig wissen, was von dem Uranus beobachtet ist. Ich habe durch einen meiner jungen Zuhörer, Flemming, alle Beobachtungen reduzieren und vergleichen lassen; und damit liegen mir nun die vorhandenen Thatsachen vollständig vor. So wie die alten Beobachtungen nicht in die Theorie passen, so passen die neueren noch weniger hinein; denn jetzt ist der Fehler schon wieder eine ganze Minute, und wächst jährlich um 7″ bis 8″, so daß er bald viel größer sein wird. Ich meinte daher, daß eine Zeit kommen werde, wo man die Auflösung des Rätsels vielleicht in einem neuen Planeten finden werde, dessen Elemente aus ihren Wirkungen auf den Uranus erkannt und durch die auf den Saturn bestätigt werden könnten. Daß diese Zeit schon vorhanden sei, bin ich weit entfernt gewesen zu sagen, allein versuchen werde ich jetzt, wie weit die vorhandenen Thatsachen führen können. Es ist dieses eine Arbeit, die mich seit so vielen Jahren begleitet und derentwegen ich so viele verschiedene Ansichten verfolgt habe, daß ihr Ende mich vorzüglich reizt und daher so bald als irgend möglich herbeigeführt werden wird. Ich habe großes Zutrauen zu Flemming, der in Danzig, wohin er berufen ist, dieselbe Reduktion der Beobachtungen, welche er jetzt für Uranus gemacht hat, für Saturn und Jupiter fortsetzen wird. Glücklich ist es, meiner Ansicht nach, daß er (für jetzt) kein Mittel der Beobachtung hat und zu keinen Vorlesungen verpflichtet ist. Es wird auch ihm wohl eine Zeit kommen, wo er Beobachtungen eines bestimmten Zweckes wegen anstellen muß; dann soll es ihm nicht mehr an den Mitteln dazu fehlen, so wenig ihm jetzt schon die Geschicklichkeit fehlt."

[62] (S. 382.) Der erste Brief, in welchem Lassell die Entdeckung ankündigte, war vom 6. August 1847.

[63] (S. 382.) Aus den Beobachtungen von Pulkowa berechnete August Struve in Dorpat die Bahn des ersten Neptunstrabanten.

III.

Die Kometen.

Die Kometen, welche Xenokrates und Theon der Alexandriner Lichtgewölke nennen, die nach überkommenem altem chaldäischen Glauben Apollonius der Myndier „aus großer Ferne auf langer (geregelter) Bahn periodisch aufsteigen" läßt, bilden im Sonnengebiet, der Anziehungskraft des Centralkörpers unterworfen, doch eine eigene, abgesonderte Gruppe von Weltkörpern. Sie unterscheiden sich von den eigentlichen Planeten nicht bloß durch ihre Exzentrizität und, was noch wesentlicher ist, durch das Durchschneiden der Planetenkreise, sie bieten auch eine Veränderlichkeit der Gestaltung, eine Wandelbarkeit der Umrisse dar, welche bei einigen Individuen (z. B. an dem von Heinsius so genau beschriebenen Klinkenbergischen Kometen von 1744 und am Hallenschen Kometen in der letzten Erscheinung vom Jahre 1835) schon in wenigen Stunden bemerkbar geworden ist. Als noch nicht durch Encke unser Sonnensystem mit inneren von den Planetenbahnen eingeschlossenen, Kometen kurzer Umlaufszeit bereichert worden war, leiteten dogmatische, auf falsche Analogieen gegründete Träume über die mit dem Abstande von der Sonne gesetzlich zunehmende Exzentrizität, Größe und Undichtigkeit der Planeten auf die Ansicht, daß man jenseits des Saturn exzentrische planetarische Weltkörper von ungeheurem Volum entdecken werde, „welche Mittelstufen von Planeten und Kometen bilden, ja daß der letzte, äußerste Planet schon ein Komet genannt zu werden verdiene, weil er vielleicht die Bahn des ihm nächsten, vorletzten Planeten, des Saturn, durchschneide".[1] Eine solche Ansicht der Verkettung der Gestalten im Weltbau, analog der oft gemißbrauchten Lehre von dem Uebergange in den organischen Wesen, teilte Immanuel Kant, einer der größten Geister des 18. Jahrhunderts. Zu

zwei Epochen, 26 und 91 Jahre nachdem die Naturgeschichte des Himmels von dem Königsberger Philosophen dem großen Friedrich zugeeignet ward, sind Uranus und Neptun von William Herschel und Galle aufgefunden worden, aber beide Planeten haben eine geringere Exzentrizität als Saturn, ja wenn die des letzteren 0,056 ist, so besitzt dagegen der äußerste aller uns jetzt bekannten Planeten, Neptun, die Exzentrizität 0,008, fast der der sonnennahen Venus (0,006) gleich. Uranus und Neptun zeigen dazu nichts von den verkündigten kometischen Eigenschaften.

Als in der uns näheren Zeit allmählich (seit 1819) fünf innere Kometen dem von Encke folgten, und gleichsam eine eigene Gruppe bildeten, deren halbe große Achse der von den kleinen Planeten der Mehrzahl nach ähnlich ist, wurde die Frage aufgeworfen, ob die Gruppe der inneren Kometen nicht ursprünglich ebenso einen einzigen Weltkörper bildete wie nach der Hypothese von Olbers die kleinen Planeten, ob der große Komet sich nicht durch Einwirkung des Mars in mehrere geteilt habe, wie eine solche Teilung als Bipartition gleichsam unter den Augen der Beobachter im Jahre 1846 bei der letzten Wiederkehr des inneren Kometen von Biela vorgegangen ist. Gewisse Aehnlichkeiten der Elemente haben den Professor Stephen Alexander (von dem College of New Jersey) zu Untersuchungen veranlaßt[2] über die Möglichkeit eines gemeinsamen Ursprunges der Asteroiden zwischen Mars und Jupiter mit einigen oder gar allen Kometen. Auf die Gründe der Analogie, welche von den Nebelhüllen der Asteroiden hergenommen sind, muß nach allen genaueren neueren Beobachtungen Verzicht geleistet werden. Die Bahnen der kleinen Planeten sind zwar auch einander nicht parallel, sie bieten in der Pallas allerdings die Erscheinung einer übergroßen Neigung der Bahn dar; aber bei allem Mangel des Parallelismus unter ihren eigenen Bahnen durchschneiden sie doch nicht kometenartig irgend eine der Bahnen der großen alten, d. h. früher entdeckten Planeten. Dieser, bei jeglicher Annahme einer primitiven Wurfrichtung und Wurfgeschwindigkeit überaus wesentliche Umstand scheint außer der Verschiedenheit in der physischen Konstitution der inneren Kometen und der ganz dunstlosen kleinen Planeten die Gleichheit der Entstehung beider Arten von Weltkörpern sehr unwahrscheinlich zu machen. Auch hat Laplace in seiner Theorie planetarischer Genesis aus um die Sonne kreisenden Dunstringen, in welchen sich

die Materie um Kerne ballt, die Kometen ganz von Planeten trennen zu müssen geglaubt: „Dans l'hypothèse de zones de vapeurs et d'un noyau s'accroissant par la condensation de l'atmosphère qui l'environne, les comètes sont étrangères au système planétaire.“

Wir haben bereits in dem Naturgemälde darauf aufmerksam gemacht, wie die Kometen bei der kleinsten Masse den größten Raum im Sonnengebiete ausfüllen, auch nach der Zahl der Individuen (die Wahrscheinlichkeitsrechnung, gegründet auf gleichmäßige Verteilung der Bahnen, Grenzen, der Sonnennähe und der Möglichkeit des Unsichtbarbleibens, führt auf die Existenz vieler Tausende von ihnen) übertreffen sie alle anderen planetarischen Weltkörper. Wir nehmen vorsichtig die Aerolithen oder Meteorasteroiden aus, da ihre Natur noch in großes Dunkel gehüllt bleibt. Man muß unter den Kometen die unterscheiden, deren Bahn von den Astronomen berechnet worden ist, und solche, von denen teils nur unvollständige Beobachtungen, teils bloße Andeutungen in den Chroniken vorhanden sind. Da nach Galles letzter genauer Aufzählung 178 bis zum Jahre 1847 berechnet wurden, so kann man mit den bloß angedeuteten wohl wieder als Totalzahl bei der Annahme von sechs- bis siebenhundert gesehenen Kometen beharren.[3] Als der von Halley verkündigte Komet von 1682 im Jahre 1759 wieder erschien, hielt man es für etwas sehr Auffallendes, daß in demselben Jahre drei Kometen sichtbar wurden. Jetzt ist die Lebhaftigkeit der Erforschung des Himmelsgewölbes gleichzeitig an vielen Punkten der Erde so groß, daß 1819, 1825 und 1840 in jedem Jahre vier, 1825 fünf, ja 1846 acht erschienen und berechnet wurden.

An mit unbewaffnetem Auge gesehenen Kometen ist die letzte Zeit wiederum reicher als das Ende des vorigen Jahrhunderts gewesen, aber unter ihnen bleiben die von großem Glanze im Kopf und Schweif auch ihrer Seltenheit wegen immer eine merkwürdige Naturerscheinung. Es ist nicht ohne Interesse, aufzuzählen, wieviel dem bloßen Auge sichtbare Kometen in Europa während der letzten Jahrhunderte[4] sich gezeigt haben. Die reichste Epoche war das 16. Jahrhundert mit 23 solchen Kometen. Das 17. zählte 12, und zwar nur zwei in seiner ersten Hälfte. Im 18. Jahrhundert erschienen bloß 8, aber 9 allein in den ersten 50 Jahren des 19. Jahrhunderts. Unter diesen waren die schönsten die von 1807,

1811, 1819, 1835 und 1843.* In früheren Zeiten sind mehrmals 30 bis 40 Jahre verflossen, ohne daß man ein einziges Mal solches Schauspiel genießen konnte. Die scheinbar kometenarmen Jahre mögen indessen doch reich an großen Kometen sein, deren Perihel jenseits der Bahnen des Jupiter und Saturn liegt. Der teleskopischen Kometen werden jetzt im Durchschnitt in jedem Jahre wenigstens 2 bis 3 entdeckt. In drei aufeinander folgenden Monaten hat (1840) Galle 3 neue Kometen, von 1764 bis 1798 Messier 12, von 1801 bis 1827 Pons 27 gefunden. So scheint sich Keplers Ausspruch über die Menge der Kometen im Weltraum (ut pisces in Oceano) zu bewähren.

Von nicht geringer Wichtigkeit ist die so sorgfältig aufgezeichnete Liste der in China erschienenen Kometen, welche Eduard Biot aus der Sammlung von Ma-tuan-lin bekannt gemacht hat. Sie reicht bis über die Gründung der ionischen Schule des Thales und des lydischen Alyattes hinaus, und begreift in zwei Abschnitten den Ort der Kometen von 613 Jahren vor unserer Zeitrechnung bis 1222 nach derselben, und dann von 1222 bis 1644, die Periode, in welcher die Dynastie der Ming herrschte. Ich wiederhole hier (s. Kosmos Bd. I, S. 268, Anm. 12), daß, während man Kometen von der Mitte des 3. bis Ende des 14. Jahrhunderts nach ausschließlich chinesischen Beobachtungen hat berechnen müssen, die Berechnung des Halleyschen Kometen bei seinem Erscheinen im Jahre 1456 die erste Kometenberechnung war nach den ausschließlich europäischen Beobachtungen, und zwar nach denen des Regiomontanus. Diesen letzteren folgten abermals bei einem Wiedererscheinen des Halleyschen Kometen die sehr genauen des Apianus zu Ingolstadt im August des Jahres 1531. In die Zwischenzeit fällt (Mai 1500) ein durch afrikanische und brasilische Entdeckungsreisen berühmt gewordener, prachtvoll glänzender Komet," der in Italien Signor astone, die große Asta, genannt wurde. In den chinesischen Beobachtungen hat, durch Gleichheit der Elemente, Laugier eine siebente Erscheinung des Halleyschen Kometen (die von 1378) erkannt, sowie auch der von Galle am 6. März entdeckte dritte Komet von 1840 mit dem von 1097 identisch zu sein scheint. Auch die Mexikaner knüpften in ihren Jahrbüchern Begebenheiten an Kometen und andere Himmelsbeobachtungen. Ich habe den Kometen von 1490, welchen ich in der mexikanischen Handschrift von le Tellier aufgefunden und in meinen

Monuments des peuples indigènes de l'Amérique habe abbilden lassen, sonderbar genug, nur in dem chinesischen Kometenregister als im Dezember desselben Jahres beobachtet erkannt.[7] Die Mexikaner hatten ihn in ihre Register eingetragen 28 Jahre früher als Cortes an den Küsten von Veracruz (Chalchihuecuecan) zum erstenmal erschien.

Von der Gestaltung, der Form-, Licht- und Farbenänderung der Kometen, den Ausströmungen am Kopfe, welche zurückgebeugt[8] den Schweif bilden, habe ich nach den Beobachtungen von Heinsius (1744), Bessel, Struve und Sir John Herschel umständlich im Naturgemälde (Kosmos Bd. 1, S. 73 bis 77) gehandelt. Außer dem prachtvollen Kometen von 1843, der in Chihuahua (Nordwestamerika) von Bowring von 9 Uhr morgens bis Sonnenuntergang wie ein kleines weißes Gewölk, in Parma von Amici am vollen Mittag 1° 23′ östlich von der Sonne[9] gesehen werden konnte, ist auch in der neuesten Zeit der von Hind in der Gegend von Capella entdeckte erste Komet des Jahres 1847 am Tage des Perihels zu London nahe bei der Sonne sichtbar gewesen.

Zur Erläuterung dessen, was oben von der Bemerkung chinesischer Astronomen bei Gelegenheit ihrer Beobachtung des Kometen vom Monat März 837, zur Zeit der Dynastie Thang, gesagt worden ist, schalte ich hier, aus dem Ma-tuan-lin übersetzt, die wörtliche Angabe des Richtungsgesetzes des Schweifes ein. Es heißt dasselbe: „Im allgemeinen ist bei einem Kometen, welcher östlich von der Sonne steht, der Schweif, von dem Kern an gerechnet, gegen Osten gerichtet; erscheint aber der Komet im Westen der Sonne, so dreht sich der Schweif gegen Westen.“ Fracastoro und Apianus sagten bestimmter und noch richtiger: „Daß eine Linie in der Richtung der Achse des Schweifes, durch den Kopf des Kometen verlängert, das Centrum der Sonne trifft.“ Die Worte des Seneca (Nat. Quaest. VII, 20): „Die Kometenschweife fliehen vor den Sonnenstrahlen“ sind auch bezeichnend. Während unter den bis jetzt bekannten Planeten und Kometen sich in den, von der halben großen Achse abhängenden Umlaufszeiten die kürzesten zu den längsten bei den Planeten wie 1 : 683 verhalten, ergibt sich bei den Kometen das Verhältnis wie 1 : 2670. Es ist Merkur (87,97 ᵗ) mit Neptun (60126,7 ᵗ), und der Komet von Encke (3,3 Jahre) mit dem von Gottfried Kirch zu Koburg, Newton und Halley beobachteten Kometen von 1680 (8814 Jahre) verglichen. Die Entfernung

des unserem Sonnensysteme nächsten Fixsternes (α Centauri) von dem, in einer vortrefflichen Abhandlung von Encke bestimmten Aphel (Punkt der Sonnenferne) des zuletzt genannten Kometen, die geringe Geschwindigkeit seines Laufes (10 Fuß = 3,25 m in der Sekunde) in diesem äußersten Teile seiner Bahn, die größte Nähe, in welche der Lexell-Burckhardtsche Komet von 1770 der Erde (auf 6 Mondfernen), der Komet von 1680 (und noch mehr der von 1843) der Sonne gekommen sind, habe ich im Kosmos (Bd. I, S. 80 bis 81 und Bd. III, S. 260 bis 261) bereits abgehandelt. Der zweite Komet des Jahres 1819, welcher in beträchtlicher Größe plötzlich in Europa aus den Sonnenstrahlen heraustrat, ist seinen Elementen zufolge am 26. Juni (leider ungesehen!) vor der Sonnenscheibe vorübergegangen.[10] Eben dies muß der Fall gewesen sein mit dem Kometen von 1823, welcher außer dem gewöhnlichen, von der Sonne abgekehrten, auch einen anderen, der Sonne gerade zugewandten Schweif zeigte. Haben die Schweife beider Kometen eine beträchtliche Länge gehabt, so müssen dunstartige Teile derselben, wie gewiß öfters geschehen, sich mit unserer Atmosphäre gemischt haben. Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob die wundersamen Nebel von 1783 und 1831, welche einen großen Teil unseres Kontinents bedeckten, Folge einer solchen Vermischung gewesen sind?

Während die Quantität der strahlenden Wärme, welche die Kometen von 1680 und 1843 in so großer Sonnennähe empfingen, mit der Fokaltemperatur eines 32zölligen Brennspiegels verglichen wird, will ein mir lange befreundeter, hochverdienter Astronom, daß „alle Kometen ohne festen Kern (wegen ihrer übermäßig geringen Dichtigkeit) keine Sonnenwärme, sondern nur die Temperatur des Weltraumes haben". Erwägt man die vielen und auffallenden Analogieen der Erscheinungen, welche nach Meloni und Forbes leuchtende und dunkle Wärmequellen darbieten, so scheint es schwer, bei dem dermaligen Zustande unserer physikalischen Gedankenverbindungen nicht in der Sonne selbst Prozesse anzunehmen, welche gleichzeitig durch Aetherschwingungen (Wellen verschiedener Länge) strahlendes Licht und strahlende Wärme erzeugen. Der angeblichen Verfinsterung des Mondes durch einen Kometen im Jahre 1454, welche der erste Uebersetzer des byzantinischen Schriftstellers Georg Phranza, der Jesuit Pontanus, in einer Münchener Handschrift glaubte aufgefunden zu haben, ist lange

in vielen astronomischen Schriften gedacht worden. Dieser Durchgang eines Kometen zwischen Erde und Mond im Jahre 1454 ist ebenso irrig als der von Lichtenberg behauptete des Kometen von 1770. Das Chronikon des Phranza ist vollständig zum erstenmal zu Wien 1796 erschienen, und es heißt ausdrücklich darin, daß im Weltjahre 6962, während daß sich eine Mondfinsternis ereignete, ganz auf die gewöhnliche Weise nach der Ordnung und der Kreisbahn der himmlischen Lichter ein Komet, einem Nebel ähnlich, erschien und dem Monde nahe kam. Das Weltjahr (= 1450) ist irrig, da Phranza bestimmt sagt, die Mondfinsternis und der Komet seien nach der Einnahme von Konstantinopel (19. Mai 1453) gesehen worden, und eine Mondfinsternis wirklich am 12. Mai 1454 eintraf. (S. Jacobs in Zachs monatl. Korresp. Bd. XXIII, 1811, S. 196 bis 202.)

Das Verhältnis des Lexellschen Kometen zu den Jupitersmonden, die Störungen, die er durch sie erlitten, ohne auf ihre Umlaufszeiten einzuwirken (Kosmos Bd. I, S. 81), sind von le Verrier genauer untersucht worden. Messier entdeckte diesen merkwürdigen Kometen als einen schwachen Nebelfleck im Schützen am 14. Juni 1770, aber 8 Tage später leuchtete sein Kern schon als ein Stern zweiter Größe. Vor dem Perihel war kein Schweif sichtbar, nach demselben entwickelte sich derselbe durch geringe Ausströmungen kaum bis 1° Länge. Lexell fand seinem Kometen eine elliptische Bahn und die Umlaufszeit von 5,585 Jahren, was Burckhardt in seiner vortrefflichen Preisschrift von 1806 bestätigte. Nach Clausen hat er sich (den 1. Juli 1770) bis auf 363 Erdhalbmesser (311 000 geogr. Meilen = 2 307 756 km oder 6 Mondfernen) der Erde genähert. Daß der Komet nicht früher (März 1776) und nicht später (Oktober 1781) gesehen wurde, ist, nach Lexells früherer Vermutung, von Laplace in dem 4. Bande des Mécanique céleste durch Störung von seiten des Jupitersystems bei den Annäherungen in den beiden Jahren 1767 und 1779 analytisch dargethan worden. Le Verrier findet, daß nach einer Hypothese über die Bahn des Kometen derselbe 1779 durch die Kreise der Satelliten durchgegangen sei, nach einer anderen von dem 4. Satelliten nach außen weit entfernt blieb.

Der Molekularzustand des so selten begrenzten Kopfes oder Kernes wie der des Schweifes der Kometen ist um so

rätselhafter, als derselbe keine Strahlenbrechung veranlaßt, und als durch Aragos wichtige Entdeckung (Kosmos Bd. I, S. 77 und 270, Anm. 27—30) in dem Kometenlichte ein Anteil von polarisiertem, also von reflektiertem Sonnenlichte erwiesen wird. Wenn die kleinsten Sterne durch die dunstartigen Ausströmungen des Schweifes, ja fast durch das Centrum des Kernes selbst, oder wenigstens in größter Nähe des Centrums, in ungeschwächtem Glanze gesehen werden („per Cometem non aliter quam per nubem ulteriora cernuntur", Seneca, Nat. Quaest. VII, 18), so zeigt dagegen die Analyse des Kometenlichtes in Aragos Versuchen, denen ich beigewohnt, daß die Dunsthüllen trotz ihrer Zartheit fremdes Licht zurückzuwerfen fähig sind,[11] daß diese Weltkörper eine unvollkommene Durchsichtigkeit haben, da das Licht nicht ungehindert durch sie durchgeht. In einer so lockeren Nebelgruppe erregen die einzelnen Beispiele großer Lichtintensität, wie in dem Kometen von 1843, oder des sternartigen Leuchtens eines Kernes um so mehr Verwunderung, als man eine alleinige Zurückwerfung des Sonnenlichtes annimmt. Sollte aber in den Kometen nicht daneben auch ein eigener lichterzeugender Prozeß vorgehen?

Die ausströmenden, verdunstenden Teile aus Millionen Meilen langen, besenartigen, gefächerten Schweifen verbreiten sich in den Weltraum und bilden vielleicht entweder selbst das widerstandleistende, hemmende Fluidum, welches die Bahn des Enckeschen Kometen allmählich verengt, oder sie mischen sich mit dem alten Weltenstoffe, der sich nicht zu Himmelskörpern geballt, oder zu der Bildung des Ringes verdichtet hat, welcher uns als Tierkreislicht leuchtet. Wir sehen gleichsam vor unseren Augen materielle Teile verschwinden, und ahnen kaum, wo sie sich wiederum sammeln. So wahrscheinlich nun auch die Verdichtung einer den Weltraum füllenden gasartigen Flüssigkeit in der Nähe des Centralkörpers unseres Systemes ist, so kann bei den Kometen, deren Kern nach Valz sich in der Sonnennähe verkleinert, diese da verdichtete Flüssigkeit doch wohl nicht als auf eine blasenartige Dunsthülle drückend gedacht werden.[12] Wenn bei den Ausströmungen der Kometen die Umrisse der lichtreflektierenden Dunstteile gewöhnlich sehr unbestimmt sind, so ist es um so auffallender und für den Molekularzustand des Gestirnes um so lehrreicher, daß bei einzelnen Individuen (z. B. bei dem Halleyschen Kometen Ende Januar 1836 am Kap der guten

Hoffnung) eine Schärfe der Umrisse in dem paraboliſchen vorderen Teile des Körpers beobachtet worden iſt, welche kaum eine unſerer Haufenwolken uns je darbietet. Der berühmte Beobachter am Kap verglich den ungewohnten, von der Stärke gegenſeitiger Anziehung der Teilchen zeugenden Anblick mit einem Alabaſtergefäß, das von innen ſtark erleuchtet iſt.

Seit dem Erſcheinen des aſtronomiſchen Teiles meines Naturgemäldes hat die Kometenwelt ein Ereignis dargeboten, deſſen bloße Möglichkeit man wohl vorher kaum geahnt hatte. Der Bielaſche Komet, ein innerer, von kurzer, $6^{3}/_{4}$-jähriger Umlaufszeit, hat ſich in zwei Kometen von ähnlicher Geſtalt, doch ungleicher Dimenſion, beide mit Kopf und Schweif, geteilt. Sie haben ſich, ſolange man ſie beobachten konnte, nicht wieder vereinigt, und ſind geſondert faſt parallel miteinander fortgeſchritten. Am 19. Dezember 1845 hatte Hind in dem ungeteilten Kometen ſchon eine Art Protuberanz gegen Norden bemerkt, aber am 21. war noch (nach Enckes Beobachtung in Berlin) von einer Trennung nichts zu ſehen. Die ſchon erfolgte Trennung wurde in Nordamerika zuerſt am 29. Dezember 1845, in Europa erſt um die Mitte und das Ende Januar 1846 erkannt. Der neue, kleinere Komet ging nördlich voran. Der Abſtand beider war anfangs 3, ſpäter (20. Februar) nach Otto Struves intereſſanter Zeichnung, 6 Minuten.[13] Die Lichtſtärke wechſelte, ſo daß der allmählich wachſende Nebenkomet eine Zeitlang den Hauptkometen an Lichtſtärke übertraf. Die Nebelhüllen, welche jeden der Kerne umgaben, hatten keine beſtimmten Umriſſe, die des größeren Kometen zeigte ſogar gegen SSW eine lichtſchwache Anſchwellung, aber der Himmelsraum zwiſchen den beiden Kometen wurde in Pulkowa ganz nebelfrei geſehen.[14] Einige Tage ſpäter hat Lieutenant Maury in Waſhington in einem 9zölligen Münchener Refraktor Strahlen bemerkt, welche der größere, ältere Komet dem kleineren, neueren zuſandte, ſo daß wie eine brückenartige Verbindung eine Zeitlang entſtand. Am 24. März war der kleinere Komet wegen zunehmender Lichtſchwäche kaum noch zu erkennen. Man ſah nur noch den größeren bis zum 16. bis 20. April, wo dann auch dieſer verſchwand. Ich habe dieſe wunderſame Erſcheinung in ihren Einzelheiten beſchrieben, ſoweit dieſelben haben beobachtet werden können. Leider iſt der eigentliche Akt der Trennung und der kurz vorhergehende Zuſtand des älteren Kometen der

Beobachtung entgangen. Ist der abgetrennte Komet uns nur unsichtbar geworden wegen Entfernung und großer Lichtschwäche, oder hat er sich aufgelöst? Wird er als Begleiter wieder erkannt werden und wird der Bielasche Komet bei anderen Wiedererscheinungen ähnliche Anomalieen darbieten?

Die Entstehung eines neuen planetarischen Weltkörpers durch Teilung regt natürlich die Frage an, ob in der Unzahl um die Sonne kreisender Kometen nicht mehrere durch einen ähnlichen Prozeß entstanden sind oder noch täglich entstehen? Ob sie durch Retardation, d. h. ungleiche Geschwindigkeit im Umlauf und ungleiche Wirkung der Störungen nicht auf verschiedene Bahnen geraten können? In einer schon früher berührten Abhandlung von Stephen Alexander ist versucht worden, die Genesis der genannten inneren Kometen durch die Annahme einer solchen, wohl nicht genugsam begründeten Hypothese zu erklären. Auch im Altertum scheinen ähnliche Vorgänge beobachtet, aber nicht hinlänglich beschrieben worden zu sein. Seneca führt nach einem, wie er freilich selbst sagt, unzuverlässigen Zeugen an, daß der Komet, welcher des Unterganges der Städte Helice und Bura beschuldigt ward, sich in zwei Teile schied. Er setzt spöttisch hinzu: Warum hat niemand zwei Kometen sich zu einem vereinigen sehen?[15] Die chinesischen Astronomen reden von „drei gekuppelten Kometen", die im Jahre 896 erschienen und zusammen ihre Bahn durchliefen.

Unter der großen Zahl berechneter Kometen sind bisher acht bekannt, deren Umlaufszeit eine geringere Dauer als die Umlaufszeit des Neptun hat. Von diesen acht sind sechs innere Kometen, d. h. solche, deren Sonnenferne kleiner als ein Punkt in der Bahn des Neptun ist, nämlich die Kometen von Encke (Aphel 4,09), de Vico (5,02), Brorsen (5,64), Faye (5,93), Biela (6,19) und d'Arrest (6,44). Den Abstand der Erde von der Sonne = 1 gesetzt, haben die Bahnen aller dieser sechs inneren Kometen Aphele, die zwischen Hygiea (3,15) und einer Grenze liegen, welche fast um $1^{1}/_{4}$ Abstände der Erde von der Sonne jenseits Jupiter (5,20) liegt. Die zwei anderen Kometen, ebenfalls von geringerer Umlaufszeit als Neptun, sind der 74jährige Komet von Olbers und der 76jährige Komet von Halley. Diese beiden letzten waren bis zum Jahre 1819, in welchem Encke zuerst die Existenz eines inneren Kometen erkannte, unter den damals berechneten Kometen die von der

kürzesten Umlaufszeit. Der Olbers'sche Komet von 1815 und der Halley'sche liegen nach der Entdeckung des Neptun in ihrer Sonnenferne nur 4 und 5% Abstände der Erde von der Sonne jenseits der Grenze, die sie als innere Kometen würde betrachten lassen. Wenn auch die Benennung innerer Komet mit der Entdeckung transneptunischer Planeten Aenderungen erleiden kann, da die Grenze, die einen Weltkörper zu einem inneren Kometen macht, veränderlich ist, so hat sie doch vor der Benennung Kometen kurzer Dauer den Vorzug, in jeder Epoche unseres Wissens von etwas Bestimmtem abhängig zu sein. Die jetzt sicher berechneten sechs inneren Kometen variieren allerdings in der Umlaufszeit nur von 3,3 bis 7,4 Jahre; aber wenn die 16jährige Wiederkehr des von Peters am 26. Juni 1846 zu Neapel entdeckten Kometen (des 6. Kometen des Jahres 1846, mit einer halben großen Achse von 6,32) sich bestätigte,[16] so ist vorherzusehen, daß sich allmählich in Hinsicht auf die Dauer der Umlaufszeit Zwischenglieder zwischen den Kometen von Faye und Olbers finden werden. Dann wird es in der Zukunft schwer sein, eine Grenze für die Kürze der Dauer zu bestimmen. Hier folgt die Tabelle (s. S. 410), in welcher Dr. Galle die Elemente der sechs inneren Kometen zusammengestellt hat.

Es folgt aus der hier gegebenen Uebersicht, daß seit der Erkennung des Encke'schen[17] Kometen als eines inneren im Jahre 1819 bis zur Entdeckung des inneren d'Arrest'schen Kometen kaum 32 Jahre verflossen sind. Elliptische Elemente für den letztgenannten hat auch Yvon Villarceau in Schumachers Astron. Nachr. Nr. 773 gegeben und zugleich mit Valz einige Vermutungen über Identität mit dem von la Hire beobachteten und von Douwes berechneten Kometen von 1678 aufgestellt. Zwei andere Kometen, scheinbar auch von fünf- bis sechsjährigem Umlauf, sind der 3. von 1819, von Pons entdeckt und von Encke berechnet, und der 4. von 1819, von Blanpain aufgefunden und nach Clausen identisch mit dem 1. von 1743. Beide können aber noch nicht neben denen aufgeführt werden, welche durch längere Dauer und Genauigkeit der Beobachtungen eine größere Sicherheit und Vollständigkeit der Elemente darbieten.

Die Neigung der inneren Kometenbahnen gegen die Ekliptik ist im ganzen klein, zwischen 3° und 13°, nur die des Brorsen'schen Kometen ist sehr beträchtlich und erreicht 31°.

Elemente der inneren Kometen, welche genauer berechnet sind.

	Encke	de Vico	Brorsen	d'Arrest	Biela	Faye
Durchgangszeit durch das Perihel	1818 Nov. 26	1844 Sept. 2	1846 Febr. 25	1851 Juli 8	1846 Febr. 10	1843 Okt. 17
in mittlerer Pariser Zeit	2h 55′ 56″	11h 33′ 57″	9h 8′ 1″	16h 57′ 23″	23h 51′ 36″	3h 42′ 16″
Länge des Perihels	157° 47′ 8″	312° 30′ 55″	116° 28′ 15″	322° 59′ 46″	109° 2′ 20″	49° 31′ 19″
Länge des aufsteigenden Knotens	334 22 12	63 49 17	102 40 58	148 27 20	245 54 39	209 39 19
Neigung gegen die Ekliptik	13 8 36	2 54 50	30 55 53	13 56 12	12 34 53	11 22 31
Halbe große Achse	2,214814	3,102800	3,116194	3,461816	3,521522	3,811790
Perihel-Distanz	0,337032	1,186401	0,650103	1,173976	0,856148	1,692579
Aphel-Distanz	4,092595	5,019198	5,642884	5,749717	6,192596	5,931001
Exzentrizität	0,847828	0,617635	0,793388	0,660881	0,757003	0,555962
Umlaufszeit in Tagen	1204	1996	2039	2353	2417	2718
Umlaufszeit in Jahren	3,30	5,47	5,58	6,44	6,62	7,44
berechnet von	Encke, Astr. Nachr. XXVII, S. 113.	Brünnow, Gekrönte Preisschrift, Amst. 1849.	Brünnow, Astr. Nachr. XXIX, S. 377.	d'Arrest, Astr. Nachr. XXXIII, S. 125.	Plantamour, Astr. Nachr. XXV, S. 117.	le Verrier, Astr. Nachr. XXIII, S. 196.

Alle bisher entdeckten *inneren* Kometen haben, wie die Haupt- und Nebenplaneten des gesamten Sonnensystems, eine *direkte* oder *rechtläufige* Bewegung (von West nach Ost in ihren Bahnen fortschreitend). Sir John Herschel hat auf die größere Seltenheit *rückläufiger* Bewegung bei Kometen *von geringerer Neigung gegen die Ekliptik* aufmerksam gemacht. Diese entgegengesetzte Richtung der Bewegung, welche nur bei einer gewissen Klasse planetarischer Körper vorkommt, ist in Hinsicht auf die sehr allgemein herrschende Meinung über die Entstehung der zu einem Systeme gehörenden Weltkörper und über primitive Stoß- und Wurfkraft von großer Wichtigkeit. Sie zeigt uns die *Kometenwelt*, wenngleich auch in der weitesten Ferne, der Anziehung des Centralkörpers unterworfen, doch in größerer Individualität und Unabhängigkeit. Eine solche Betrachtung hat zu der Idee verleitet, die Kometen für älter[18] als alle Planeten, gleichsam für Urformen der sich locker ballenden Materie im Weltraume, zu halten. Es fragt sich dabei unter dieser Voraussetzung, ob nicht trotz der ungeheuren Entfernung des nächsten Fixsternes, dessen Parallaxe wir kennen, vom Aphel des *Kometen von 1680* einige der Kometen, welche am Himmelsgewölbe erscheinen, nur *Durchwanderer* unseres Sonnensystemes sind, von einer Sonne zur anderen sich bewegend?

Ich lasse auf die Gruppe der Kometen, als mit vieler Wahrscheinlichkeit zum Sonnengebiete gehörig, den Ring des *Tierkreislichtes* folgen, und auf diesen die *Schwärme der Meteorasteroiden*, die bisweilen auf unsere Erde herabfallen und über deren Existenz als Körper im Weltraume noch keineswegs eine einstimmige Meinung herrscht. Da ich nach dem Vorgange von Chladni, Olbers, Laplace, Arago, John Herschel und Bessel die Aerolithen bestimmt für außerirdischen, kosmischen Ursprungs halte, so darf ich wohl am Schluß des Abschnittes über die Wandelsterne die zuversichtliche Erwartung aussprechen, daß durch fortgesetzte Genauigkeit in der Beobachtung der Aerolithen, Feuerkugeln und Sternschnuppen die entgegengesetzte Meinung ebenso verschwinden werde, als die bis zu dem 16. Jahrhundert allgemein verbreitete über den *meteorischen* Ursprung der Kometen es längst ist. Während diese Gestirne schon von der astrologischen Korporation der „Chaldäer in Babylon", von einem großen Teile der pythagoreischen Schule und von Apollonius dem Myndier für zu bestimmten Zeiten in langen

planetarischen Bahnen wiederkehrende Weltkörper gehalten wurden, erklärten die mächtige antipythagoreische Schule des Aristoteles und der von Seneca bestrittene Epigenes die Kometen für Erzeugnisse meteorischer Prozesse in unserem Luftkreise.[19] Analoge Schwankungen zwischen kosmischen und tellurischen Hypothesen, zwischen dem Weltraume und der Atmosphäre führen endlich doch zu einer richtigen Ansicht der Naturerscheinungen zurück.

Anmerkungen.

[1] (S. 399.) „Vermittelst einer Reihe von Zwischengliedern," sagt Immanuel Kant, „werden jenseits Saturn sich die letzten Planeten nach und nach in Kometen verwandeln, und so die letztere Gattung mit der ersteren zusammenhängen. Das Gesetz, nach welchem die Exzentrizität der Planetenkreise sich im Verhältnis ihres Abstandes von der Sonne verhält, unterstützt diese Vermutung. Die Exzentrizität nimmt mit dem Abstande zu, und die entfernteren Planeten kommen dadurch der Bestimmung der Kometen näher. Der letzte Planet und erste Komet könnte derjenige genannt werden, welcher in seiner Sonnennähe den Kreis des ihm nächsten Planeten, vielleicht also des Saturn, durchschnitte. — Auch durch die Größe der planetarischen Massen, die mit der Entfernung (von der Sonne) zunehmen, wird unsere Theorie von der mechanischen Bildung der Himmelskörper klärlich erwiesen." Kant, Naturgeschichte des Himmels (1755) in den sämtlichen Werken T. IV, S. 88 und 195. Im Anfang des fünften Hauptstückes wird (S. 131) von der früheren kometenähnlichen Natur gesprochen, welche Saturn abgelegt habe

[2] (S. 400.) Stephen Alexander unterscheidet mit Hind „the comets of short period, whose semi-axes are all nearly the same with those of the small planets between Mars and Jupiter; and the other class, including the comets whose mean distance or semi-axes is somewhat less than that of Uranus." Er schließt die erste Abhandlung mit dem Resultate: „Different facts and coincidences agree in indicating a near appulse if not an actual collision of Mars with a large comet in 1315 or 1316, that the comet was thereby broken into three parts, whose orbits (it may be presumed) received even then their present form: viz., that still presented by the comets of 1812, 1815 and 1846, which are fragments of the dissevered comet."

[3] (S. 401.) Seit Christi Geburt sind in runder Summe 500 Kometen mit bloßem Auge gesehen worden; zu diesen kommen nun noch seit Erfindung des Fernrohres etwa 200 teleskopische, deren große Mehrzahl, cirka 160, auf das gegenwärtige Jahrhundert entfällt. Wenn wir nun von der Zahl der beobachteten Kometen

auf die Zahl der vorhandenen schließen wollen, so gelangen wir je nach der der Schätzung zu Grunde gelegten Hypothese zu verschiedenen Werten, in jedem Fall aber zu einer außerordentlich großen Zahl. — [D. Herausg.]

[4] (S. 401.) In sieben halben Jahrhunderten, von 1500 bis 1850 sind zusammen 52, einzeln in der Reihenfolge von sieben gleichen Perioden: 13, 10, 2, 10, 4, 4 und 9, dem bloßen Auge sichtbare Kometen in Europa erschienen. Hier folgen die einzelnen Jahre:

1500 bis 1550	1550 bis 1560
13 Kom.	10 Kom.
1600 bis 1650	1650 bis 1700
1607	1652
1618	1664
2 Kom.	1665
	1668
	1672
	1680
	1682
	1686
	1689
	1696
	10 Kom.
	1750 bis 1800
1700 bis 1750	1759
1702	1766
1744	1769
1748 (2)	1789
4 Kom.	4 Kom.

1800 bis 1850
1807
1811
1819
1823
1830
1835
1843
1845
1847
9 Kom.

Als 23 im 16. Jahrhundert (dem Zeitalter von Apianus, Girolamo Fracastoro, dem Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen, Mästlin und Tycho) erschienene, dem unbewaffneten Auge sichtbare Kometen sind hier aufgezählt worden: 10 von Pingré beschriebene, nämlich: 1500, 1505, 1506, 1512, 1514, 1516, 1518, 1521, 1522 und 1530; ferner die Kometen von 1531, 1532, 1533, 1556, 1558, 1569, 1577, 1580, 1582, 1585, 1590, 1593 und 1596.

[5] (S. 402.) Weiter sehr glänzende Kometenerscheinungen waren der Donatische Komet von 1858, der Komet von 1861, jener von 1880, welcher für identisch mit dem von 1843 gehalten wird; endlich der von 1882, der wohl der glänzendste Komet aller Zeiten gewesen sein mag. — [D. Herausg.]

[6] (S. 402.) Es ist der „bösartige" Komet, welchem in Sturm und Schiffbruch der Tod des berühmten portugiesischen Entdeckers Bartholomäus Diaz, als er mit Cabral von Brasilien nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung segelte, zugeschrieben ward.

[7] (S. 403.) Die Mexikaner hatten auch eine sehr richtige Ansicht von der Ursache der Sonnenfinsternis. Dieselbe meritanische Handschrift, wenigstens ein Vierteljahrhundert vor der Ankunft der Spanier angefertigt, bildet die Sonne ab, wie sie fast ganz von der Mondscheibe verdeckt wird und wie Sterne dabei sichtbar werden.

[8] (S. 403.) Diese Entstehung des Schweifes am vorderen Teile des Kometenkopfes, welche Bessel so viel beschäftigt hat, war schon Newtons und Winthrops Ansicht. Der Schweif, meint Newton, entwickele sich der Sonne nahe am stärksten und längsten, weil die Himmelsluft (was wir mit Encke das widerstehende Mittel nennen) dort am dichtesten sei, und die particulae caudae, stark erwärmt, von der dichteren Himmelsluft getragen, leichter aufsteigen. Winthrop glaubt, daß der Hauptfelsen erst etwas nach dem Perihel eintrete, weil nach dem von Newton festgestellten Gesetze überall (bei periodischer Wärmeveränderung, wie bei der Meeresflut) die Maxima sich verspäten.

[9] (S. 403.) Wegen physiognomischer Aehnlichkeiten, deren Unsicherheit aber schon Seneca entwickelt hat, wurde der Komet von 1843 anfänglich für identisch mit dem Kometen von 1668 und 1689 gehalten. Boguslawski glaubt dagegen, daß seine früheren Erscheinungen bei einem Umlauf von 147 Jahren die von 1695, 1548 und 1401 waren; ja er nennt ihn den Kometen des Aristoteles, „weil er ihn bis in das Jahr 371 vor unserer Zeitrechnung zurückführt, und ihn mit dem talentvollen Hellenisten Thiersch in München für einen Kometen hält, dessen in den Meteorologicis des Aristoteles Buch I, Kap. 6 Erwähnung geschieht". Ich erinnere aber, daß der Name Komet des Aristoteles vieldeutig und unbestimmt ist. Wird der gemeint, welchen Aristoteles im Orion verschwinden läßt und mit dem Erdbeben in Achaja in Verbindung setzt, so muß man nicht vergessen, daß dieser Komet von Kallisthenes vor, von Diodor nach, und von Aristoteles zur Zeit des Erdbebens angegeben wird. Das sechste und achte Kapitel der Meteorologie handeln von vier Kometen, deren Epochen der Erscheinung durch Archonten zu Athen und durch unheilbringende Begebenheiten bezeichnet werden. Es ist daselbst der Reihe nach gedacht: des westlichen Kometen, welcher bei dem großen, mit Ueberschwemmungen verbundenen Erdbeben von Achaja erschien; dann des Kometen unter dem Archonten

Eukles, Sohn des Molon; später kommt der Stagirite wieder auf den westlichen Kometen, den des großen Erdbebens, zurück, und nennt dabei den Archonten Asteus, ein Name, den unrichtige Lesarten in Aristäus verwandelt haben, und den Pingré deshalb in der Cométographie mit Aristhenes oder Altisthenes fälschlich für eine Person hält. Der Glanz dieses Kometen des Asteus verbreitete sich über den dritten Teil des Himmelsgewölbes; der Schweif, welchen man den Weg (ὁδός) nannte, war also 60° lang. Er reichte bis in die Gegend des Orion, wo er sich auflöste. In Kap. 7, 9 wird des Kometen gedacht, welcher gleichzeitig mit dem berühmten Aerolithenfall bei Aegos Potamoi erschien, und wohl nicht eine Verwechselung mit der von Damachos beschriebenen, 70 Tage lang leuchtenden und Sternschnuppen sprühenden Aerolithenwolke sein kann. Endlich nennt Aristoteles noch Kap. 7, 10 einen Kometen unter dem Archonten Nikomachus, welchem ein Sturm bei Korinth zugeschrieben ward. Diese vier Kometenerscheinungen fallen in die lange Periode von 32 Olympiaden, nämlich der Aerolithenfall nach der Parischen Chronik Ol. 78, 1 (468 ante Chr.), unter den Archonten Theagenides; der große Komet des Asteus, welcher zur Zeit des Erdbebens von Achaja erschien und im Sternbild des Orion verschwand, in Ol. 101, 4 (373 a. Chr.); Eukles, Sohn des Molon, von Diodor fälschlich Euklides genannt, in Ol. 88, 2 (427 a. Chr.), wie auch der Kommentar des Johannes Philoponos bestätigt; der Komet des Nikomachus in Ol. 109, 4 (341 a. Chr.). Bei Plinius II, 25 wird für die jubae effigies mutata in hastam Ol. 108 angegeben. Mit dem unmittelbaren Anknüpfen des Kometen des Asteus (Ol. 101, 4) an das Erdbeben in Achaja stimmt auch Seneca überein, indem derselbe des Unterganges von Bura und Helike, welche Städte Aristoteles nicht ausdrücklich nennt, folgendermaßen erwähnt: „Effigiem ignis longi fuisse, Callisthenes tradit, antequam Burin et Helicen mare absconderet. Aristoteles ait, non trabem illam, sed Cometam fuisse.“ (Seneca, Nat. Quaest. VII, 5). Strabo setzt den Untergang der zwei oft genannten Städte zwei Jahre vor der Schlacht von Leuktra, woraus sich wieder Ol. 101, 4 ergibt. Nachdem endlich Diodor von Sizilien dieselbe Begebenheit als unter dem Archonten Asteus vorgefallen umständlicher beschrieben hat, setzt er den glänzenden, schattenwerfenden Kometen unter den Archonten Altisthenes, ein Jahr später, Ol. 102, 1 (372 a. Chr.), und als Vorboten des Unterganges der Herrschaft der Lakedämonier; aber der spätere Diodor hat die Gewohnheit, eine Begebenheit aus einem Jahre in das andere zu verschieben, und für die Epoche des Asteus, vor dem Altisthenes, sprechen die ältesten und sichersten Zeugen, Aristoteles und die Parische Chronik. Da nun für den herrlichen Kometen von 1843 die Annahme eines Umlaufes von 147¾ Jahren Boguslawski durch 1695, 1548, 1401 und 1106 auf das Jahr 371

vor unserer Zeitrechnung führt, so stimmt damit der Komet des Erdbebens von Achaja nach Aristoteles bis auf zwei, nach Diodor bis auf ein Jahr überein, was, wenn man von der Aehnlichkeit der Bahn etwas wissen konnte, bei wahrscheinlichen Störungen in einer Periode von 1214 Jahren freilich ein sehr geringer Fehler ist. Wenn Pingré in der Cométographie sich auf Diodor und den Archonten Alkisthenes statt Asteus stützend, den in Frage stehenden Kometen im Orion in Ol. 102. und doch in den Anfang Juli 371 vor Christus statt 372 setzt, so liegt der Grund wohl darin, daß er wie einige Astronomen das erste Jahr vor der christlichen Zeitrechnung mit Anno 0 bezeichnet. Es ist schließlich zu bemerken, daß Sir John Herschel für den bei hellem Tage nahe an der Sonne gesehenen Kometen von 1843 eine ganz andere Umlaufszeit und zwar von 175 Jahren annimmt, was auf die Jahre 1668, 1493 und 1318 führt. Andere Kombinationen von Peirce und Clausen leiten gar auf Umlaufszeiten von $21^1/_5$ oder $7^1/_5$ Jahren. — Beweis genug, wie gewagt es ist, den Kometen von 1843 auf den Archonten Asteus zurückzuführen. Die Erwähnung eines Kometen unter dem Archonten Nikomachus in den Meteorol., lib. I. cap. 7. 10 gewährt wenigstens den Vorteil, uns zu lehren, daß dieses Werk geschrieben wurde, als Aristoteles wenigstens 44 Jahre alt war. Auffallend hat es mir immer geschienen, daß der große Mann, da er zur Zeit des Erdbebens von Achaja und der Erscheinung des großen Kometen im Orion, mit einem Schweif von 60° Länge, schon 14 Jahre alt war, mit so wenig Lebendigkeit von einem so glänzenden Gegenstande spricht, und sich begnügt, ihn unter die Kometen zu zählen, „die zu seiner Zeit gesehen wurden". Die Verwunderung steigt, wenn man in demselben Kapitel erwähnt findet, er habe etwas Nebliches, ja eine schwache Mähne (κόμη), um einen Fixstern in dem Hüftbein des Hundes (vielleicht Prokyon im kleinen Hunde) mit eigenen Augen gesehen. Auch spricht Aristoteles von seiner Beobachtung der Bedeckung eines Sternes in den Zwillingen durch die Scheibe des Jupiter. Was die dunstige Mähne oder Nebelumhüllung des Prokyon (?) betrifft, so erinnert sie mich an eine Erscheinung, von der mehrmals in den altmexikanischen Reichsannalen nach dem Codex Telleriano die Rede ist. „Dieses Jahr," heißt es darin, „dampfte (rauchte) wieder Citlalcholoa," der Planet Venus, auch Tlazoteotl im Aztekischen genannt, wahrscheinlich am griechischen wie am mexikanischen Himmel ein Phänomen atmosphärischer Strahlenbrechung, die Erscheinung kleiner Sternhöfe (halones).

[19] (S. 404.) Die kurz vorher im Text angeführte Abhandlung, die wahren Elemente des Kometen von 1680 enthaltend, vernichtet Hallens phantastische Idee, nach welcher derselbe bei einem vorausgesetzten Umlaufe von 575 Jahren zu allen großen Epochen der Menschengeschichte, zur Zeit der Sintflut nach hebräischen Sagen, im Zeitalter des Ogyges nach griechischen Sagen, im troja-

nischen Kriege, bei der Zerstörung von Ninive, bei dem Tode von Julius Cäsar u. s. w. erschienen sei. Die Umlaufszeit ergibt sich aus Enckes Berechnung zu 8814 Jahren. Seine geringste Entfernung von der Oberfläche der Sonne war am 17. Dezember 1680 nur 32 000 geographische Meilen, also 20 000 weniger als die Entfernung der Erde vom Monde. Das Aphel ist 853,3 Entfernungen der Erde von der Sonne, und das Verhältnis der kleinsten zur größten Entfernung von der Sonne ist wie 1 : 140 000.

[11] (S. 406.) Newton nahm für die glänzendsten Kometen nur von der Sonne reflektiertes Licht an. Splendent Cometae, sagt er, luce Solis a se reflexa.

[12] (S. 406.) Der so sorgfältig und immer unbefangen beobachtende Hevelius war schon auf die Vergrößerung der Kometenkerne mit Zunahme der Entfernung von der Sonne aufmerksam gewesen. Die Bestimmungen der Durchmesser des Kometen von Encke in der Sonnennähe sind, wenn man Genauigkeit haben will, sehr schwierig. Der Komet ist eine neblige Masse, in welcher die Mitte oder eine Stelle derselben, die hellste, selbst hervorstechend hell, ist. Von dieser Stelle aus, die aber nichts von einer Scheibe zeigt und nicht ein Kometenkopf genannt werden kann, nimmt ringsum das Licht schnell ab; dabei verlängert sich der Nebel nach einer Seite hin, so daß diese Verlängerung als Schweif erscheint. Die Messungen beziehen sich also auf diesen Nebel, dessen Umfang, ohne eine recht bestimmte Grenze zu haben, im Perihel abnimmt.

[13] (S. 407.) Wenn man noch später (5. März) den Abstand beider Kometen bis 9° 15′ wachsen sah, so war diese Zunahme, wie Plantamour gezeigt hat, nur scheinbar und von der Annäherung zur Erde abhängig. Vom Februar bis März blieben beide Teile des Doppelkometen in gleicher Entfernung voneinander.

[14] (S. 407.) „Le 10 février 1846 on aperçoit le fond noir du ciel qui sépare les deux comètes." O. Struve im Bulletin physico-mathématique de l'Acad. des Sciences de St. Pétersbourg T. VI, Nr. 4.

[15] (S. 408.) „Ephorus non religiosissimae fidei, saepe decipitur, saepe decipit. Sicut hic Cometem, qui omnium mortalium oculis custoditus est, quia ingentis rei traxit eventus, cum Helicen et Burin ortu suo merserit, ait illum discessisse in duas stellas: quod praeter illum nemo tradidit. Quis enim posset observare illud momentum, quo Comet.s solutus et in duas partes redactus est? Quomodo autem, si est qui viderit Cometem in duas dirimi, nemo vidit fieri ex duabus?" Seneca, Nat. Quaest. lib. VII, cap. 16.

[16] (S. 409.) Elliptische Bahnen mit verhältnismäßig nicht sehr langer Dauer der Umlaufszeiten (ich erinnere an die 3065 und 8800 Jahre der Kometen von 1811 und 1680) bieten dar die Kometen von Colla und Bremiker aus den Jahren 1845

und 1840. Sie scheinen Umlaufszeiten von nur 249 und 344 Jahren zu haben.

[17] (S. 409.) Die kurze Umlaufszeit von 1204 Tagen wurde von Encke bei dem Wiedererscheinen seines Kometen im Jahre 1819 erkannt. Siehe die zuerst berechneten elliptischen Bahnen im Berliner astronomischen Jahrbuch für 1822, S. 193, und für die zur Erklärung der beschleunigten Umläufe angenommene Konstante des widerstehenden Mittels Enckes vierte Abhandlung in den Schriften der Berliner Akademie aus dem Jahre 1841. Zur Geschichte des Kometen von Encke ist noch hier zu erinnern, daß derselbe, soweit die Kunde der Beobachtungen reicht, zuerst von Méchain den 17. Januar 1786 an zwei Tagen gesehen wurde; dann von Miß Carolina Herschel den 7. bis 27. November 1795; darauf von Bouvard, Pons und Huth, den 20. Oktober bis 19. November 1805; endlich, als zehnte Wiederkehr seit Méchains Entdeckung im Jahre 1786, vom 26. November 1818 bis 12. Januar 1819 von Pons. Die erste von Encke vorausberechnete Wiederkehr wurde von Rümker zu Paramatta beobachtet. – Der Bielasche, oder, wie man auch sagt, der Gambart-Bielasche innere Komet ist zuerst am 8. März 1772 von Montaigne, dann von Pons am 10. November 1805, danach am 27. Februar 1826 zu Josephstadt in Böhmen von Herrn von Biela und am 9. März zu Marseille von Gambart gesehen. Der frühere Wiederentdecker des Kometen von 1772 ist zweifelsohne Biela und nicht Gambart; dagegen aber hat der letztere, früher als Biela, und fast zugleich mit Clausen, die elliptischen Elemente bestimmt. Die erste vorausberechnete Wiederkehr des Bielaschen Kometen ward im Oktober und Dezember 1832 von Henderson am Vorgebirge der guten Hoffnung beobachtet. Die schon erwähnte wundersame Verdoppelung des Bielaschen Kometen durch Teilung erfolgte bei seiner elften Wiederkehr seit 1772, am Ende des Jahres 1845.

[18] (S. 411.) Der Laplacischen speziellen Ansicht von den Kometen als „wandernden Nebelflecken (petites nébuleuses errantes de systèmes en systèmes solaires)" stehen die Fortschritte, welche seit dem Tode des großen Mannes in der Auflöslichkeit so vieler Nebelflecke in gedrängte Sternhaufen gemacht worden sind, mannigfach entgegen; auch der Umstand, daß die Kometen einen Anteil von zurückgeworfenem, polarisiertem Lichte haben, welcher den selbstleuchtenden Weltkörpern mangelt.

[19] (S. 412.) Zu Babylon in der gelehrten chaldäischen Schule der Astrologen, wie bei den Pythagoreern, und eigentlich bei allen alten Schulen, gab es Spaltung der Meinungen. Seneca führt die einander entgegengesetzten Zeugnisse des Apollonius Myndius und des Epigenes an. Der letztere gehört zu den selten Genannten; doch bezeichnet ihn Plinius als „gravis auctor in primis", wie auch ohne Lob Censorinus glaubt, daß die all-

gemeine und herrschende Ansicht bei den babylonischen Astrologen (den Chaldäern) die war, daß die Kometen zu festbestimmten Zeiten in ihren sicheren Bahnen wiederkehren. Der Zwiespalt, welcher unter den Pythagoreern über die planetarische Natur der Kometen herrschte, und welchen Aristoteles und Pseudo-Plutarch andeuten, dehnte sich nach dem ersteren auch auf die Natur der Milchstraße, den verlassenen Weg der Sonne oder des gestürzten Phaethon, aus. Von einigen der Pythagoreer wird die Meinung bei Aristoteles angeführt, „daß die Kometen zur Zahl solcher Planeten gehören, die erst nach langer Zeit, wie Mertur, sichtbar werden können, über den Horizont in ihrem Laufe aufsteigend". Bei dem so fragmentarischen Pseudo-Plutarch heißt es, daß sie „zu fest bestimmten Zeiten nach vollbrachtem Umlaufe aufgehen". Vieles in abgesonderten Schriften über die Natur der Kometen Enthaltene ist uns verloren gegangen: von Arrian, den Stobäus benutzen konnte, von Charin ander, dessen bloßer Name sich nur bei Seneca und Pappus erhalten hat. Stobäus führt als Meinung der Chaldäer an, daß die Kometen eben deshalb so selten uns sichtbar bleiben, weil sie in ihrem langen Laufe sich fern von uns in die Tiefen des Aethers (des Weltraumes) verbergen, wie die Fische in den Tiefen des Ozeans. Das Anmutigste und, trotz der rhetorischen Färbung, das Gründlichste und mit den jetzigen Meinungen Uebereinstimmendste gehört im Altertum dem Seneca zu. Wir lesen Nat. Quest. lib. VII, cap. 22, 25 und 31: „Non enim existimo Cometem subitaneum ignem, sed inter aeterna opera naturae. — Quid enim miramur, cometas, tam rarum mundi spectaculum, nondum tenere legibus certis? nec initia illorum finesque patescere, quorum ex ingentibus intervallis recursus est? Nondum sunt anni quingenti, ex quo Graecia ..... stellis numeros et nomina fecit. Multaeque hodie sunt gentes, quae tantum facie noverint caelum: quae nondum sciant, cur luna deficiat, quare obumbretur. Hoc apud nos quoque nuper ratio ad certum perduxit. Veniet tempus, quo ista quae nunc latent, in lucem dies extrahat et longioris aevi diligentia. — Veniet tempus, quo posteri nostri tam aperta nos nescisse mirentur. — Eleusis servat, quod ostendat revisentibus. Rerum natura sacra sua non simul tradit. Initiatos nos credimus: in vestibulo ejus haeremus. Illa arcana non promiscue nec omnibus patent, reducta et in interiore sacrario clausa sunt. Ex quibus aliud haec aetas, aliud quae post nos subibit, dispiciet. Tarde magna proveniunt ....."

IV.

Ring des Tierkreislichtes.

In unserem formenreichen Sonnensysteme sind Existenz, Ort und Gestaltung vieler einzelner Glieder seit kaum drittehalbhundert Jahren und in langen Zwischenräumen der Zeit allmählich erkannt worden; zuerst die untergeordneten oder Partikularsysteme, in denen, dem Hauptsysteme der Sonne analog, geballte kleinere Weltkörper einen größeren umkreisen; dann konzentrische Ringe um einen, und zwar den satelliten reichsten, den undichteren und äußeren Hauptplaneten; dann das Dasein und die wahrscheinliche materielle Ursache des milden, pyramidal gestalteten, dem unbewaffneten Auge sehr sichtbaren Tierkreislichtes; dann die sich gegenseitig schneidenden, zwischen den Gebieten zweier Hauptplaneten eingeschlossenen, außerhalb der Zodiakalzone liegenden Bahnen der sogenannten kleinen Planeten oder Asteroiden; endlich die merkwürdige Gruppe von inneren Kometen, deren Aphele kleiner als die Aphele des Saturn, des Uranus oder des Neptun sind. In einer kosmischen Darstellung des Weltraumes ist es nötig, an eine Verschiedenartigkeit der Glieder des Sonnensystemes zu erinnern, welche keineswegs Gleichartigkeit des Ursprunges und dauernde Abhängigkeit der bewegenden Kräfte ausschließt.

So groß auch noch das Dunkel ist, welches die materielle Ursache des Tierkreislichtes umhüllt, so scheint doch, bei der mathematischen Gewißheit, daß die Sonnenatmosphäre nicht weiter als bis zu $^{1}/_{20}$ des Merkurabstandes reichen könne, die von Laplace, Schubert, Arago, Poisson und Biot verteidigte Meinung, nach der das Zodiakallicht aus einem dunstartigen, abgeplatteten, frei im Weltraum zwischen der Venus- und Marsbahn kreisenden Ringe ausstrahle, in dem gegenwärtigen sehr mangelhaften Zustande der Beobachtungen

die befriedigendste zu sein. Die äußerste Grenze der Atmosphäre hat sich bei der Sonne wie im Saturn (einem untergeordneten Systeme) nur bis dahin ausdehnen können, wo die Attraktion des allgemeinen oder partiellen Centralkörpers der Schwungkraft genau das Gleichgewicht hält; jenseits mußte die Atmosphäre nach der Tangente entweichen und geballt als kugelförmige Planeten und Trabanten oder nicht geballt zu Kugeln als feste und dunstförmige Ringe den Umlauf fortsetzen. Nach dieser Betrachtung tritt der Ring des Zodiakallichtes in die Kategorie planetarischer Formen, welche den allgemeinen Bildungsgesetzen unterworfen sind.

Bei den so geringen Fortschritten, welche auf dem Wege der Beobachtung dieser vernachlässigte Teil unserer astronomischen Kenntnisse macht, habe ich wenig zu dem zuzusetzen, was, fremder und eigener Erfahrung entnommen, ich früher in dem Naturgemälde (B. I, S. 98—102 und 283—286, Anm. 65—72, Bd. III, S. 229) entwickelt habe. Wenn 22 Jahre vor Dominik Cassini, dem man gemeinhin die erste Wahrnehmung des Zodiakallichtes zuschreibt, schon Childrey (Kaplan des Lords Henry Somerset) in seiner 1661 erschienenen Britannia Baconica dasselbe als eine vorher unbeschriebene und von ihm mehrere Jahre lang im Februar und Anfang März gesehene Erscheinung der Aufmerksamkeit der Astronomen empfiehlt, so muß ich (nach einer Bemerkung von Olbers) auch eines Briefes von Rothmann an Tycho erwähnen, aus welchem hervorgeht, daß Tycho schon am Ende des 16. Jahrhunderts den Zodiakalschein sah und für eine abnorme Frühjahrsabenddämmerung hielt. Die auffallend stärkere Lichtintensität der Erscheinung in Spanien, an der Küste von Valencia und in den Ebenen Neukastiliens, hat mich zuerst, ehe ich Europa verließ, zu anhaltender Beobachtung angeregt. Die Stärke des Lichtes, man darf sagen der Erleuchtung, nahm überraschend zu, je mehr ich mich in Südamerika und in der Südsee dem Aequator näherte. In der ewig trockenen heiteren Luft von Cumana, in den Grassteppen (Llanos) von Caracas, auf den Hochebenen von Quito und der merikanischen Seen, besonders in Höhen von 8 bis 12000 Fuß (2600 bis 3900 m), in denen ich länger verweilen konnte, übertraf der Glanz bisweilen den der schönsten Stellen der Milchstraße zwischen dem Vorderteile des Schiffes und dem Schützen oder, um Teile unserer Hemisphäre zu nennen, zwischen dem Adler und Schwan.

Im ganzen aber hat mir der Glanz des Zodiakallichtes keineswegs merklich mit der Höhe des Standortes zu wachsen, sondern vielmehr hauptsächlich von der inneren Veränderlichkeit des Phänomens selbst, von der größeren oder geringeren Intensität des Lichtprozesses abzuhängen geschienen, wie meine Beobachtungen in der Südsee zeigen, in welchen sogar ein Gegenschein gleich dem bei dem Untergang der Sonne bemerkt ward. Ich sage hauptsächlich, denn ich verneine nicht die Möglichkeit eines gleichzeitigen Einflusses der Luftbeschaffenheit (größeren und geringeren Diaphanität) der höchsten Schichten der Atmosphäre, während meine Instrumente in den unteren Schichten gar keine oder vielmehr günstige Hygrometerveränderungen andeuteten. Fortschritte in unserer Kenntnis des Tierkreislichtes sind vorzüglich aus der Tropengegend zu erwarten, wo die meteorologischen Prozesse die höchste Stufe der Gleichförmigkeit oder Regelmäßigkeit in der Periodizität der Veränderungen erreichen. Das Phänomen ist dort perpetuierlich und eine sorgfältige Vergleichung der Beobachtungen an Punkten verschiedener Höhe und unter verschiedenen Lokalverhältnissen würde mit Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung entscheiden, was man kosmischen Lichtprozessen, was bloßen meteorologischen Einflüssen zuschreiben soll.

Es ist mehrfach behauptet worden, daß in Europa in mehreren aufeinander folgenden Jahren fast gar kein Tierkreislicht oder doch nur eine schwache Spur desselben gesehen worden sei. Sollte in solchen Jahren das Licht auch in der Aequinoktialzone verhältnismäßig geschwächt erscheinen? Die Untersuchung müßte sich aber nicht auf die Gestaltung nach Angabe der Abstände von bekannten Sternen oder nach unmittelbaren Messungen beschränken. Die Intensität des Lichtes, seine Gleichartigkeit oder seine etwaige Intermittenz (Zucken und Flammen), seine Analyse durch das Polariskop wären vorzugsweise zu erforschen. Bereits Arago (Annuaire pour 1836, p. 298) hat darauf hingedeutet, daß vergleichende Beobachtungen von Dominik Cassini vielleicht klar erweisen würden: „que la supposition des intermittences de la diaphanité atmosphérique ne saurait suffire à l'explication des variations signalées par cet Astronome".

Gleich nach den ersten Pariser Beobachtungen dieses großen Beobachters und seines Freundes Fatio de Duillier zeigte sich Liebe zu ähnlicher Arbeit bei indischen Reisenden (Pater Noël, de Bèze und Duhalde), aber vereinzelte Be-

richte (meist nur schildernd die Freude über den ungewohnten Anblick) sind zur gründlichen Diskussion der Ursachen der Veränderlichkeit unbrauchbar. Nicht die schnellen Reisen auf den sogenannten Weltumseglungen, wie noch in neuerer Zeit die Bemühungen des thätigen Horner zeigen (Zach, Monatl. Korresp. Bd. X, S. 337 bis 340), können ernst zum Zwecke führen. Nur ein mehrjähriger permanenter Aufenthalt in einigen der Tropenländer kann die Probleme veränderter Gestaltung und Lichtintensität lösen. Daher ist am meisten für den Gegenstand, welcher uns hier beschäftigt, wie für die gesamte Meteorologie von der endlichen Verbreitung wissenschaftlicher Kultur über die Aequinoktialwelt des ehemaligen spanischen Amerika zu erwarten, da, wo große volkreiche Städte, Cuzco, la Paz, Potosi, zwischen 10700 und 12500 Fuß (3475 und 3735 m) über dem Meere liegen. Die numerischen Resultate, zu denen Houzeau, auf eine freilich nur geringe Zahl vorhandener genauer Beobachtungen gestützt, hat gelangen können, machen es wahrscheinlich, daß die große Achse des Zodiakalscheinringes ebensowenig mit der Ebene des Sonnenäquators zusammenfällt, als die Dunstmasse des Ringes, deren Molekularzustand uns ganz unbekannt ist, die Erdbahn überschreitet. (Schumachers Astron. Nachr. Nr. 492.)

V.

Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteorsteine.

Seit dem Frühjahr 1845, in dem ich das Naturgemälde oder die allgemeine Uebersicht kosmischer Erscheinungen herausgegeben, sind die früheren Resultate der Beobachtung von Aerolithenfällen und periodischen Sternschnuppenströmen mannigfaltig erweitert und berichtigt worden. Vieles wurde einer strengeren und sorgfältigeren Kritik unterworfen, besonders die für das Ganze des rätselhaften Phänomens so wichtige Erörterung der Radiation, d. h. der Lage der Ausgangspunkte in den wiederkehrenden Epochen der Sternschnuppenschwärme. Auch ist die Zahl solcher Epochen, von welchen lange die August- und die Novemberperiode allein die Aufmerksamkeit auf sich zogen, durch neuere Beobachtungen vermehrt worden, deren Resultate einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit darbieten. Man ist durch die verdienstvollen Bemühungen, zuerst von Brandes, Benzenberg, Olbers und Bessel, später von Erman, Boguslawski, Quetelet, Feld, Saigey, Eduard Heis und Julius Schmidt zu genaueren korrespondierenden Messungen übergegangen und ein mehr verbreiteter mathematischer Sinn hat es schwieriger gemacht, durch Selbsttäuschung einem vorgefaßten Theorem unsichere Beobachtungen anzupassen.

Die Fortschritte in dem Studium der Feuermeteore werden um so schneller sein, als man unparteiisch Thatsachen von Meinungen trennt, die Einzelheiten prüft; aber nicht als ungewiß und schlecht beobachtet, alles verwirft, was man jetzt noch nicht zu erklären weiß. Am wichtigsten scheint mir Absonderung der physischen Verhältnisse von den im ganzen sicherer zu ergründenden geometrischen und Zahlenverhältnissen. Zu der letzteren Klasse gehören Höhe, Geschwindig

keit, Einheit oder Mehrfachheit der Ausgangspunkte bei erkannter Radiation, mittlere Zahl der Feuermeteore in sporadischen oder periodischen Erscheinungen, nach Frequenz auf dasselbe Zeitmaß reduziert, Größe und Gestaltung, im Zusammenhang mit den Jahreszeiten oder mit den Abständen von der Mitte der Nacht betrachtet. Die Ergründung beider Arten von Verhältnissen, der physischen und geometrischen, wird allmählich zu einem und demselben Ziele, zu genetischen Betrachtungen über die innere Natur der Erscheinung, führen.

Ich habe schon früher darauf hingewiesen, daß wir im ganzen mit den Welträumen und dem, was sie erfüllt, nur in Verkehr stehen durch licht- und wärmeerregende Schwingungen, wie durch die geheimnisvollen Anziehungskräfte, welche ferne Massen (Weltkörper) nach der Quantität ihrer Körperteilchen auf unseren Erdball, dessen Ozeane und Luftumhüllung ausüben. Die Lichtschwingung, welche von dem kleinsten teleskopischen Fixsterne aus einem auflöslichen Nebelflecke ausgeht und für die unser Auge empfänglich ist, bringt uns (wie es die sichere Kenntnis von der Geschwindigkeit und Aberration des Lichtes mathematisch darthut) ein Zeugnis von dem ältesten Dasein der Materie.' Ein Lichteindruck aus den Tiefen der sterngefüllten Himmelsräume führt uns mittels einer einfachen Gedankenverbindung über eine Myriade von Jahrhunderten in die Tiefen der Vorzeit zurück. Wenn auch die Lichteindrücke, welche Sternschnuppenströme, aerolithenschleudernde Feuerkugeln oder ähnliche Feuermeteore geben, ganz verschiedener Natur sein mögen, wenn sie sich auch erst entzünden, indem sie in die Erdatmosphäre gelangen, so bietet doch der fallende Aerolith das einzige Schauspiel einer materiellen Berührung von etwas dar, das unserem Planeten fremd ist. Wir erstaunen, „metallische und erdige Massen, welche der Außenwelt, den himmlischen Räumen, angehören, betasten, wiegen, chemisch zersetzen zu können", in ihnen heimische Mineralien zu finden, die es wahrscheinlich machen, wie dies schon Newton vermutete, daß Stoffe, welche zu einer Gruppe von Weltkörpern, zu einem Planetensysteme gehören, großenteils dieselben sind.

Die Kenntnis von den ältesten, chronologisch sicher bestimmten Aerolithfällen verdanken wir dem Fleiß der alles registrierenden Chinesen. Solche Nachrichten steigen bis in

das Jahr 644 vor unserer Zeitrechnung hinauf, also bis zu den Zeiten des Tyrtäus und des zweiten messenischen Krieges der Spartaner, 176 vor dem Falle der ungeheuren Meteormasse bei Aegos Potamoi. Eduard Biot hat in Ma-tuan-lin, welcher Auszüge aus der astronomischen Sektion der ältesten Reichsannalen enthält, für die Epoche von der Mitte des 7. Jahrhunderts v. Chr. bis 333 Jahre n. Chr. 16 Aerolithenfälle aufgefunden, während daß griechische und römische Schriftsteller für denselben Zeitraum nur 4 solche Erscheinungen anführen.

Merkwürdig ist es, daß die ionische Schule früh schon, übereinstimmend mit unseren jetzigen Meinungen, den kosmischen Ursprung der Meteorsteine annahm. Der Eindruck, welchen eine so großartige Erscheinung als die bei Aegos Potamoi (an einem Punkte, welcher 62 Jahre später durch den den peloponnesischen Krieg beendigenden Sieg des Lysander über die Athener noch berühmter ward) auf alle hellenischen Völkerschaften machte, mußte auf die Richtung und Entwickelung der ionischen Physiologie einen entscheidenden und nicht genug beachteten Einfluß ausüben. Anaxagoras von Klazomenä war in dem reifen Alter von 32 Jahren, als jene Naturbegebenheit vorfiel. Nach ihm sind die Gestirne von der Erde durch die Gewalt des Umschwunges abgerissene Massen, (Plut. De plac. Philos. III, 13). Der ganze Himmel, meint er, sei aus Steinen zusammengesetzt (Plato, De legibus XII, p. 967). Die steinartigen festen Körper werden durch den feurigen Aether in Glut gesetzt, so daß sie das vom Aether ihnen mitgeteilte Licht zurückstrahlen. Tiefer als der Mond, und noch zwischen ihm und der Erde, bewegen sich, sagt Anaxagoras nach dem Theophrast (Stob., Eclog. phys. lib. I, p. 560), noch andere dunkle Körper, die auch Mondverfinsterungen hervorbringen können (Diog. Laert. II, 12; Origines, Philosophum. cap. 8). Noch deutlicher und gleichsam bewegter von dem Eindruck des großen Aerolithenfalles drückt sich Diogenes von Apollonia, der, wenn er auch nicht ein Schüler des Anaximenes ist, doch wahrscheinlich einer Zeitepoche zwischen Anaxagoras und Demokritus angehört, über den Weltbau aus. Nach ihm „bewegen sich," wie ich schon an einem Orte ausgeführt, „mit den sichtbaren Sternen auch unsichtbare (dunkle) Steinmassen, die deshalb unbenannt bleiben. Letztere fallen bisweilen auf die Erde herab und verlöschen, wie es geschehen ist mit dem

steinernen Stern, welcher bei Aegos Potamoi gefallen ist." (Stob., Eclog. p. 508.)[2]

Die „Meinung einiger Physiker" über Feuermeteore (Sternschnuppen und Aerolithen), welche Plutarch im Leben des Lysander (Kap. 12) umständlich entwickelt, ist ganz die des kretensischen Diogenes. „Sternschnuppen," heißt es dort, „sind nicht Auswürfe und Abflüsse des ätherischen Feuers, welche, wenn sie in unseren Luftkreis kommen, nach der Entzündung erlöschen; sie sind vielmehr Wurf und Fall himmlischer Körper, dergestalt, daß sie durch ein Nachlassen des Schwunges herabgeschleudert werden."[3] Von dieser Ansicht des Weltbaues, von der Annahme dunkler Weltkörper, die auf unsere Erde herabfallen, finden wir nichts in den Lehren der alten ionischen Schule, von Thales und Hippo bis zum Empedokles.[4] Der Eindruck der Naturbegebenheit in der 78. Olympiade scheint die Idee des Falles dunkler Massen mächtig hervorgerufen zu haben. In dem späten Pseudo-Plutarch (Plac. II, 13) lesen wir bloß, daß der Milesier Thales „die Gestirne alle für irdische und feurige Körper (γεώδη καὶ ἔμπυρα)" hielt. Die Bestrebungen der früheren ionischen Physiologie waren gerichtet auf das Erspähen des Urgrundes der Dinge, des Entstehens durch Mischung, stufenweise Veränderung und Uebergänge der Stoffe ineinander, auf die Prozesse des Werdens durch Erstarrung oder Verdünnung. Des Umschwunges der Hemisphäre, „welcher die Erde im Mittelpunkt festhält", gedenkt allerdings schon Empedokles als einer wirksam bewegenden kosmischen Kraft. Da in diesen ersten Anklängen physikalischer Theorieen der Aether, die Feuerluft, ja das Feuer selbst die Expansivkraft der Wärme darstellt, so knüpfte sich an die hohe Region des Aethers die Idee des treibenden, von der Erde Felsstücke wegreißenden Umschwunges. Daher nennt Aristoteles (Meteorol. I, 399, Bekker) den Aether „den ewig im Lauf begriffenen Körper", gleichsam das nächste Substratum der Bewegung und sucht etymologische Gründe für diese Behauptung. Deshalb finden wir in der Biographie des Lysander, „daß das Nachlassen der Schwungkraft den Fall himmlischer Körper verursacht", wie auch an einem anderen Orte, wo Plutarch offenbar wieder auf Meinungen des Anaxagoras oder des Diogenes von Apollonia hindeutet (De facie in orbe Lunae p. 923), er die Behauptung aufstellt, „daß der Mond, wenn seine Schwungkraft aufhörte, zur Erde fallen

wurde wie der Stein in der Schleuder.“ So sehen wir in diesem Gleichnis nach der Annahme eines centrifugalen Umschwunges, welchen Empedokles in der (scheinbaren) Umdrehung der Himmelskugel erkannte, allmählich als idealen Gegensatz eine Centripetalkraft auftreten. Diese Kraft wird eigens und deutlicher bezeichnet von dem scharfsinnigsten aller Erklärer des Aristoteles, Simplicius (p. 491, Bekker). Er will das Nichtherabfallen der Weltkörper dadurch erklären, „daß der Umschwung die Oberhand hat über die eigene Fallkraft, den Zug nach unten.“ Dies sind die ersten Ahnungen über wirkende Centralkräfte, und gleichsam auch die Trägheit der Materie anerkennend, schreibt zuerst der Alexandriner Johannes Philoponus, Schüler des Ammonius Hermeä, wahrscheinlich auch aus dem 6. Jahrhundert, „die Bewegung der kreisenden Planeten einem primitiven Stoße“ zu, welchen er sinnig (De creatione mundi lib. I, cap. 12) mit der Idee des „Falles, eines Strebens aller schweren und leichten Stoffe gegen die Erde“, verbindet. So haben wir versucht, zu zeigen, wie eine große Naturerscheinung und die früheste, rein kosmische Erklärung eines Aerolithenfalles wesentlich dazu beigetragen hat, im griechischen Altertume stufenweise, aber freilich nicht durch mathematische Gedankenverbindung die Keime von dem zu entwickeln, was, durch die Geistesarbeit der folgenden Jahrhunderte gefördert, zu den von Huygens entdeckten Gesetzen der Kreisbewegung führte.

Von den geometrischen Verhältnissen der periodischen (nicht sporadischen) Sternschnuppen beginnend, richten wir unsere Aufmerksamkeit vorzugsweise auf das, was neuere Beobachtungen über die Radiation oder die Ausgangspunkte der Meteore und über ihre ganz planetarische Geschwindigkeit offenbart haben. Beides, Radiation und Geschwindigkeit, charakterisiert sie mit einem hohen Grade der Wahrscheinlichkeit als leuchtende Körper, die sich als unabhängig von der Rotation der Erde zeigen und von außen, aus dem Weltraume, in unsere Atmosphäre gelangen. Die nordamerikanischen Beobachtungen der Novemberperiode bei den Sternschnuppenfällen von 1833, 1834 und 1837 hatten als Ausgangspunkt den Stern γ Leonis bezeichnen lassen, die Beobachtungen des Augustphänomens im Jahre 1839 Algol im Perseus, oder einem Punkt zwischen Perseus und dem Stier. Es waren diese Radiationscentra ungefähr die

Sternbilder, gegen welche hin sich etwa in derselben Epoche die Erde bewegte. Saigey, der die amerikanischen Beobachtungen von 1833 einer sehr genauen Untersuchung unterworfen hat, bemerkt, daß die fixe Radiation aus dem Sternbild des Löwen eigentlich nur nach Mitternacht, in den letzten 3 bis 4 Stunden vor Anbruch des Tages, bemerkt worden ist, daß von 18 Beobachtern zwischen der Stadt Mexiko und dem Huronensee nur 10 denselben allgemeinen Ausgangspunkt der Meteore erkannten, welchen Denison Olmstedt, Professor der Mathematik in New Haven (Massachussets) angab.

Die vortreffliche Schrift des Oberlehrers Eduard Heis zu Aachen, welche zehn Jahre lang von ihm daselbst angestellte, sehr genaue Beobachtungen über periodische Sternschnuppen in gedrängter Kürze darbietet, enthält Resultate der Radiationserscheinungen, die um so wichtiger sind, als der Beobachter sie mit mathematischer Strenge diskutiert hat. Nach ihm[6] „ist es eigentümlich für die Sternschnuppen der Novemberperiode, daß die Bahnen mehr zerstreut sind, als die der Augustperiode. In jeder der beiden Perioden sind die Ausgangspunkte gleichzeitig mehrfach gewesen, keineswegs immer von demselben Sternbilde ausgehend, wie man seit dem Jahre 1833 voreilig anzunehmen geneigt war." Heis findet in den Augustperioden der Jahre 1839, 1841, 1842, 1843, 1844, 1847 und 1848 neben dem Hauptausgangspunkte des Algol im Perseus noch zwei andere: im Drachen und im Nordpol.[7] „Um genaue Resultate über die Ausgangspunkte der Sternschnuppenbahnen in der Novemberperiode für die Jahre 1839, 1841, 1846 und 1847 zu ziehen, wurden für einen jeden der vier Punkte (Perseus, Löwe, Kassiopeia und Drachenkopf) einzeln die zu demselben gehörigen Mittelbahnen auf eine 30zöllige Himmelskugel aufgezeichnet und jedesmal die Lage des Punktes ermittelt, von welchem die meisten Bahnen ausgingen. Die Untersuchung ergab, daß von 407 der Bahn nach verzeichneten Sternschnuppen 171 aus dem Perseus nahe beim Sterne η im Medusenhaupte, 83 aus dem Löwen, 35 aus der Kassiopeia in der Nähe des veränderlichen Sternes α, 40 aus dem Drachenkopfe, volle 78 aber aus unbestimmten Punkten kamen. Die Zahl der aus dem Perseus ausstrahlenden Sternschnuppen betrug also fast doppelt so viel als die des Löwen."[8]

Die Radiation aus dem Perseus hat sich demnach in beiden Perioden als ein sehr merkwürdiges Resultat erwiesen. Ein scharfsinniger, acht bis zehn Jahre mit den Meteorphänomenen beschäftigter Beobachter, Julius Schmidt, Adjunkt an der Sternwarte zu Bonn, äußert sich über diesen Gegenstand mit großer Bestimmtheit in einem Briefe an mich (Juli 1851): „Abstrahiere ich von den reichen Sternschnuppenfällen im November 1833 und 1834, sowie von einigen späteren der Art, wo der Punkt im Löwen ganze Scharen von Meteoren aussandte, so bin ich gegenwärtig geneigt, den Perseuspunkt als denjenigen Konvergenzpunkt zu betrachten, welcher nicht bloß im August, sondern das ganze Jahr hindurch die meisten Meteore liefert. Dieser Punkt liegt, wenn ich die aus 478 Beobachtungen von Heis ermittelten Werte zu Grunde lege, in Rektaszension 50,3° und Deklination 51,5° (gültig für 1841/46). Im November 1849 (7. bis 14.) sah ich ein paar hundert Sternschnuppen mehr, als ich seit 1841 je im November bemerkt hatte. Von diesen kamen im ganzen nur wenige aus dem Löwen, bei weitem die meisten gehörten dem Sternbild des Perseus an. Daraus folgt, wie mir scheint, daß das große Novemberphänomen von 1799 und 1833 damals (1841) nicht erschienen ist. Auch glaubte Olbers an eine Periode von 34 Jahren für das Maximum der Novembererscheinung (Kosmos Bd. I, S. 91). Wenn man die Richtungen der Meteorbahnen in ihrer ganzen Komplikation und periodischen Wiederkehr betrachtet, so findet man, daß es gewisse Radiationspunkte gibt, die immer vertreten sind, andere, die nur sporadisch und wechselnd erscheinen."

Ob übrigens die verschiedenen Ausgangspunkte mit den Jahren sich ändern, was, wenn man geschlossene Ringe annimmt, eine Veränderung in der Lage der Ringe andeuten würde, in welchen die Meteore sich bewegen, läßt sich bis jetzt nicht mit Sicherheit aus den Beobachtungen bestimmen. Eine schöne Reihe solcher Beobachtungen von Houzeau (aus den Jahren 1839 bis 1842) scheint gegen eine progressive Veränderung zu zeugen. Daß man im griechischen und römischen Altertum schon auf eine gewisse temporäre Gleichförmigkeit in der Richtung der am Himmelsgewölbe hinschießenden Sternschnuppen aufmerksam gewesen ist, hat sehr richtig Eduard Heis[9] bemerkt. Jene Richtung wurde damals als Folge eines in den höheren Luftregionen bereits wehenden Windes betrachtet, und verkündigte den Schiffenden einen bald

aus derselben Weltgegend eintretenden und herabsteigenden Luftstrom in der niedrigeren Region.

Wenn die periodischen Sternschnuppenströme sich von den sporadischen schon durch häufigen Parallelismus der Bahnen, strahlend aus einem oder mehreren Ausgangspunkten, unterscheiden, so ist ein zweites Kriterium derselben das numerische, die Menge der einzelnen Meteore, auf ein bestimmtes Zeitmaß zurückgeführt. Wir kommen hier auf die vielbestrittene Aufgabe der Unterscheidung eines außerordentlichen Sternschnuppenfalles von einem gewöhnlichen. Als Mittelzahl der Meteore, welche in dem Gesichtskreis einer Person an nicht außerordentlichen Tagen stündlich zu rechnen sind, gab von zwei vortrefflichen Beobachtern, Olbers und Quetelet, der eine 5 bis 6, der andere 8 Meteore an. Zur Erörterung dieser Frage, welche so wichtig als die Bestimmung der Bewegungsgesetze der Sternschnuppen in Hinsicht auf ihre Richtung ist, wird die Diskussion einer sehr großen Anzahl von Beobachtungen erfordert. Ich habe mich deshalb mit Vertrauen an den schon oben genannten Beobachter, Herrn Julius Schmidt zu Bonn, gewandt, der, lange an astronomische Genauigkeit gewöhnt, mit der ihm eigenen Lebendigkeit das Ganze des Meteorphänomens umfaßt, von welchem die Bildung der Aerolithen und ihr Herabstürzen zur Erde ihm nur eine einzelne, die seltenste, und darum nicht die wichtigste Phase zu sein scheint. Folgendes sind die Hauptresultate der erbetenen Mitteilungen.[10]

„Als Mittelzahl von vielen Jahren der Beobachtung (zwischen 3 und 8 Jahren) ist für die Erscheinung sporadischer Sternschnuppen ein Fall von 4 bis 5 in der Stunde gefunden worden. Das ist der gewöhnliche Zustand, wenn nichts Periodisches eintritt. Die Mittelzahlen in den einzelnen Monaten geben sporadisch für die Stunde:

Januar 3,4, Februar —, März 4,9, April 2,4, Mai 3,9, Juni 5,3, Juli 4,5, August 5,3, September 4,7, Oktober 4,5, November 5,3, Dezember 4,0.

Bei den periodischen Meteorfällen kann man im Mittel in jeder Stunde über 13 oder 15 erwarten. Für eine einzelne Periode, die des August, den Strom des heil. Laurentius, ergaben sich vom Sporadischen zum Periodischen folgende allmähliche Zunahmen im Mittel von 3 bis 8 Jahren der Beobachtung:

Zeit:	Zahl der Meteore in 1 Stunde:	Zahl der Jahre:
6. August	6	1
7. „	11	3
8. „	15	4
9. „	29	8
10. „	31	6
11. „	19	5
12. „	7	3

Das letzte Jahr, 1851, also ein einzelnes, gab für die Stunde, trotz des hellen Mondscheines:

am 7. August	3	Meteore
„ 8. „	8	„
„ 9. „	16	„
„ 10. „	18	„
„ 11. „	3	„
„ 12. „	1	„

(Nach Heis wurden beobachtet am 10. August:

1839	in 1	Stunde	160	Meteore
1841	„ 1	„	43	„
1848	„ 1	„	50	„

In 10 Minuten fielen 1842 im Augustmeteorstrome zur Zeit des Maximums 34 Sternschnuppen.) Alle diese Zahlen beziehen sich auf den Gesichtskreis *eines* Beobachters. Seit dem Jahre 1838 sind die Novemberfälle weniger glänzend. (Am 12. November 1839 zählte jedoch Heis noch stündlich 22 bis 35 Meteore, ebenso am 13. November 1846 im Mittel 27 bis 33.) So verschieden ist der Reichtum in den periodischen Strömen der einzelnen Jahre, aber immer bleibt die Zahl der fallenden Meteore beträchtlich größer, als in den gewöhnlichen Nächten, welche in der Stunde nur 4 bis 5 sporadische Fälle zeigen. Im Januar (vom 4. an zu rechnen), im Februar und im März scheinen die Meteore überhaupt am seltensten zu sein.“ [11]

„Obgleich die *August*- und die *November*periode mit Recht die berufensten sind, so hat man doch, seitdem die Sternschnuppen der Zahl und der parallelen Richtung nach mit größerer Genauigkeit beobachtet werden, noch fünf andere Perioden erkannt:

Januar: in den ersten Tagen, zwischen dem 1. und 3. wohl etwas zweifelhaft.

April: 18. oder 20.? schon von Arago vermutet. (Große Ströme: 25. April 1095, 22. April 1800, 20. April 1803; Kosmos Bd. I, S. 279, Annuaire pour 1836, p. 267.)

Mai: 26.?

Juli: 26. bis 30.; Quetelet. Maximum eigentlich zwischen 27. und 29. Juli. Die ältesten chinesischen Beobachtungen gaben dem leider! früh hingeschiedenen Eduard Biot ein allgemeines Maximum zwischen 18. und 27. Juli.

August, aber vor dem Laurentiusstrome, besonders zwischen dem 2. und 5. des Monats. Man bemerkt vom 26. Juli bis 10. August meist keine regelmäßige Zunahme.

August: Laurentiusstrom selbst; Musschenbroek und Brandes (Kosmos Bd. I, S. 89–90 und 279). Entschiedenes Maximum am 10. August, seit vielen Jahren beobachtet. (Einer alten Tradition gemäß, welche in Thessalien in den Gebirgsgegenden um den Pelion verbreitet ist, öffnet sich während der Nacht des Festes der Transfiguration, am 6. August, der Himmel und die Lichter, καντήλια, erscheinen mitten in der Oeffnung; Herrick in Sillimans Amer. Journal Vol. 37, 1839, p. 337 und Quetelet in den Nouv. Mém. de l'Acad. de Bruxelles T. XV, p. 9.)

Oktober: der 19. und die Tage um den 26.; Quetelet, Boguslawski in den „Arbeiten der schles. Gesellschaft für vaterländ. Kultur" 1843, S. 178 und Heis S. 33. Letzterer stellt Beobachtungen vom 21. Oktober 1766, 18. Oktober 1838, 17. Oktober 1841, 24. Oktober 1845, 11. bis 12. Oktober 1847 und 20. bis 26. Oktober 1848 zusammen. (S. über drei Oktoberphänomene in den Jahren 902, 1202 und 1366, Kosmos Bd. I, S. 92 und 275.) Die Vermutung von Boguslawski, daß die chinesischen Meteorschwärme vom 18. bis 27. Juli und der Sternschnuppenfall vom 21. Oktober (a. St.) 1366 die jetzt vorgerückten August- und Novemberperioden seien, verliert nach den vielen neueren Erfahrungen von 1838 bis 1848 viel von ihrem Gewicht.[12]

November: 12. bis 14., sehr selten der 8. oder 10. (Der große Meteorfall von 1799 in Cumana vom 11. bis 12. November, welchen Bonpland und ich beschrieben

haben, gab insofern Veranlassung, an zu bestimmten Tagen periodisch wiederkehrende Erscheinungen zu glauben, als man bei dem ähnlichen großen Meteorfall von 1833 (November 12. bis 13.) sich der Erscheinung vom Jahre 1799 erinnerte.)[13]

Dezember: 9. bis 12., aber 1798 nach Brandes' Beobachtung Dezember 6. bis 7., Herrick in New Haven 1838 Dezember 7. bis 8., Heis 1847 Dezember 8. bis 10. Acht bis neun Epochen periodischer Meteorströme, von denen die letzteren fünf die sicherer bestimmten sind, werden hier dem Fleiß der Beobachter empfohlen. Die Ströme verschiedener Monate sind nicht allein untereinander verschieden, auch in verschiedenen Jahren wechseln auffallend die Reichhaltigkeit und der Glanz desselben Stromes."

„Die obere Grenze der Höhe der Sternschnuppen ist mit Genauigkeit nicht zu ermitteln, und Olbers hielt schon alle Höhen über 30 Meilen (220 km) für wenig sicher bestimmt. Die untere Grenze, welche man vormals (Kosmos Bd. I, S. 87) gewöhnlich auf 4 Meilen (über 91000 Fuß = 30 km) setzte, ist sehr zu verringern. Einzelne steigen nach Messungen fast bis zu den Gipfeln des Chimborazo und Aconcagua, bis zu einer geographischen Meile über der Meeresfläche, herab. Dagegen bemerkt Heis, daß eine am 10. Juli 1837 gleichzeitig in Berlin und Breslau gesehene Sternschnuppe nach genauer Berechnung beim Aufleuchten 62 Meilen (460 km) und beim Verschwinden 42 Meilen (360 km) Höhe hatte, andere verschwanden in derselben Nacht in einer Höhe von 14 Meilen (104 km). Aus der älteren Arbeit von Brandes (1823) folgt, daß von 100 an zwei Standpunkten wohlgemessenen Sternschnuppen 4 eine Höhe hatten von nur 1 bis 3 Meilen (7 bis 22 km), 15 zwischen 3 und 6 M. (22 bis 44 km) 22 von 6 bis 10 M. (44 bis 74 km), 35 (fast $^1/_3$) von 10 bis 15 M. (74 bis 110 km), 13 von 10 bis 20 M. (74 bis 148 km) und nur 11 (also kaum $^1/_{10}$) über 20 M. (148 km) und zwar zwischen 45 und 60 M. (330 bis 445 km). Aus 4000 in 9 Jahren gesammelten Beobachtungen ist in Hinsicht auf die Farbe der Sternschnuppen geschlossen worden, daß $^2/_3$ weiß, $^1/_7$ gelb, $^1/_{17}$ gelbrot und nur $^1/_{37}$ grün sind."

Olbers meldet, daß während des Meteorfalles in der Nacht vom 12. zum 13. November im Jahre 1838 in Bremen sich ein schönes Nordlicht zeigte, welches große Strecken am

Himmel mit lebhaftem blutroten Lichte färbte. Die durch diese Region hinschießenden Sternschnuppen bewahrten ungetrübt ihre weiße Farbe, woraus man schließen kann, daß die Nordlichtstrahlen weiter von der Oberfläche der Erde entfernt waren als die Sternschnuppen da, wo sie im Fallen unsichtbar wurden. (Schum. Astron. Nachr. Nr. 372, S. 178.) Die relative Geschwindigkeit der Sternschnuppen ist bisher zu 4½ bis 9 geogr. Meilen in der Sekunde geschätzt worden, während die Erde nur eine Translationsgeschwindigkeit von 4,1 Meilen hat (Kosmos Bd. I, S. 87 und 276). Korrespondierende Beobachtungen von Julius Schmidt in Bonn und Heis in Aachen (1849) gaben in der That als Minimum für eine Sternschnuppe, welche 12 Meilen (88 km) senkrecht über St. Goar stand und über den Laacher See hinwegschoß, nur 3½ Meilen (25 km). Nach anderen Vergleichungen derselben Beobachter und Houzeaus in Mons wurde die Geschwindigkeit von 4 Sternschnuppen zwischen 11½ und 23¾ Meilen (85 bis 175 km) in der Sekunde, also 2 bis 5mal so groß als die planetarische der Erde, gefunden. Dieses Resultat beweist wohl am kräftigsten den kosmischen Ursprung neben der Stetigkeit des einfachen oder mehrfachen Radiationspunktes, d. h. neben dem Umstand, daß periodische Sternschnuppen, unabhängig von der Rotation der Erde, in der Dauer mehrerer Stunden von demselben Sterne ausgehen, wenn auch dieser Stern nicht der ist, gegen welchen die Erde zu derselben Zeit sich bewegt. Im ganzen scheinen sich nach den vorhandenen Messungen Feuerkugeln langsamer als Sternschnuppen zu bewegen, aber immer bleibt es auffallend, daß, wenn die ersteren Meteorsteine fallen lassen, diese sich so wenig tief in den Erdboden einsenken. Die 276 Pfund (138 kg) wiegende Masse von Ensisheim im Elsaß war (7. November 1492) nur 3 Fuß (1 m), ebenso tief der Aerolith von Braunau (14. Juli 1847) eingedrungen. Ich kenne nur 2 Meteorsteine, welche bis 6 und 18 Fuß (2 und 6 m) den lockeren Boden aufgewühlt haben; so der Aerolith von Castrovillari in den Abruzzen (9. Februar 1583) und der von Hradschina im Agramer Komitat (26. Mai 1751).

Ob je etwas aus den Sternschnuppen zur Erde gefallen, ist vielfach in entgegengesetztem Sinne erörtert worden. Die Strohdächer der Gemeinde Belmont (Departement de l'Ain, Arrondissement Belley), welche in der Nacht vom 13. November 1835, also zu der Epoche des bekannten Novemberphänomens,

durch ein Meteor angezündet wurden, erhielten das Feuer, wie es scheint, nicht aus einer fallenden Sternschnuppe, sondern aus einer zerspringenden Feuerkugel, welche (problematisch gebliebene) Aerolithen soll haben fallen lassen, nach den Berichten von Millet d'Aubenton. Ein ähnlicher Brand, durch eine Feuerkugel veranlaßt, entstand den 22. März 1846 um 3 Uhr nachmittags in der Kommune de St. Paul bei Bagnère de Luchon. Nur der Steinfall in Angers (am 9. Juni 1822) wurde einer bei Poitiers gesehenen schönen Sternschnuppe beigemessen. Das nicht vollständig genug beschriebene Phänomen verdient die größte Beachtung. Die Sternschnuppe glich ganz den sogenannten römischen Lichtern in der Feuerwerkerei. Sie ließ einen geradlinigen Strich zurück, nach oben sehr schmal, nach unten sehr breit, und von großem Glanze, der 10 bis 12 Minuten dauerte. Siebzehn Meilen (126 km) nördlich von Poitiers fiel unter heftigen Detonationen ein Aerolith.

Verbrennt immer alles, was die Sternschnuppen enthalten, in den äußersten Schichten der Atmosphäre, deren strahlenbrechende Kraft die Dämmerungserscheinungen darthun? Die oben erwähnten, so verschiedenen Farben während des Verbrennungsprozesses lassen auf chemische, stoffartige Verschiedenheit schließen. Dazu sind die Formen jener Feuermeteore überaus wechselnd; einige bilden nur phosphorische Linien von solcher Feinheit und Menge, daß Forster im Winter 1832 die Himmelsdecke dadurch wie von einem schwachen Schimmer erleuchtet sah. Viele Sternschnuppen bewegen sich bloß als leuchtende Punkte und lassen gar keinen Schweif zurück. Das Abbrennen bei schnellem oder langsamerem Verschwinden der Schweife, die gewöhnlich viele Meilen lang sind, ist um so merkwürdiger, als der brennende Schweif bisweilen sich krümmt, und sich wenig fortbewegt. Das stundenlange Leuchten des Schweifes einer längst verschwundenen Feuerkugel, welches Admiral Krusenstern und seine Begleiter auf ihrer Weltumseglung beobachteten, erinnert lebhaft an das lange Leuchten der Wolke, aus welcher der große Aerolith von Aegos Potamoi soll herabgefallen sein, nach der freilich wohl nicht ganz glaubwürdigen Erzählung des Damachos (Kosmos Bd. I, S. 272 und 282).

Es gibt Sternschnuppen von sehr verschiedener Größe, bis zum scheinbaren Durchmesser des Jupiter oder der Venus anwachsend; auch hat man in dem Sternschnuppenfalle von

Toulouse (10. April 1812) und bei einer am 23. August desselben Jahres beobachteten Feuerkugel diese wie aus einem leuchtenden Punkte sich bilden, sternartig aufschießen und dann erst zu einer mondgroßen Sphäre sich ausdehnen gesehen. Bei sehr reichen Meteorfällen, wie bei denen von 1799 und 1833, sind unbezweifelt viele Feuerkugeln mit Tausenden von Sternschnuppen gemengt gewesen; aber die Identität beider Arten von Feuermeteoren ist doch bisher keinesfalls erwiesen. Verwandtschaft ist nicht Identität. Es bleibt noch vieles zu erforschen über die physischen Verhältnisse beider, über die vom Admiral Wrangel an den Küsten des Eismeeres bezeichnete Einwirkung der Sternschnuppen auf Entwickelung des Polarlichtes, und auf so viele unbestimmt beschriebene, aber darum nicht voreilig zu negierende Lichtprozesse, welche der Entstehung einiger Feuerkugeln vorhergegangen sind. Der größere Teil der Feuerkugeln erscheint unbegleitet von Sternschnuppen und zeigt keine Periodizität der Erscheinung. Was wir von den Sternschnuppen wissen in Hinsicht auf die Radiation aus bestimmten Punkten, ist für jetzt nur mit Vorsicht auf Feuerkugeln anzuwenden.

Meteorsteine fallen, doch am seltensten, bei ganz klarem Himmel, ohne daß sich vorher eine schwarze Meteorwolke erzeugt, ohne irgend ein gesehenes Lichtphänomen, aber mit furchtbarem Krachen, wie am 16. September 1813 bei Klein-Wenden unweit Mühlhausen, oder sie fallen, und dies häufiger, geschleudert aus einem plötzlich sich bildenden dunkeln Gewölk, von Schallphänomenen begleitet, doch ohne Licht; endlich, und so wohl am häufigsten, zeigt sich der Meteorsteinfall in nahem Zusammenhange mit glänzenden Feuerkugeln. Von diesem Zusammenhange liefern wohlbeschriebene und unzubezweifelnde Beispiele die Steinfälle von Barbotan (Dep. des Landes) den 24. Juli 1790, mit gleichzeitigem Erscheinen einer roten Feuerkugel und eines weißen Meteorwölkchens, aus dem die Aerolithen fielen; der Steinfall von Benares in Hindostan (13. Dezember 1798), der von Aigle (Dep. de l'Orne) am 26. April 1803. Die letzte der hier genannten Erscheinungen — unter allen diejenige, welche am sorgfältigsten (durch Biot) untersucht und beschrieben ist — hat endlich, 23 Jahrhunderte nach dem großen thrakischen Steinfall, und 300 Jahre nachdem ein Frate zu Crema durch einen Aerolithen erschlagen wurde,[14] der endemischen Zweifelsucht der Akademieen ein Ziel gesetzt. Eine große Feuerkugel, die sich von SO nach

NW bewegte, wurde um 1 Uhr nachmittags in Alençon, Falaise und Caen bei ganz reinem Himmel gesehen. Einige Augenblicke darauf hörte man bei Aigle (Dep. de l'Orne) in einem kleinen, dunklen, fast unbewegten Wölkchen eine 5 bis 6 Minuten dauernde Explosion, welcher 3 bis 4 Kanonenschüsse und ein Getöse wie von kleinem Gewehrfeuer und vielen Trommeln folgten. Bei jeder Explosion entfernten sich einige von den Dämpfen, aus denen das Wölkchen bestand. Keine Lichterscheinung war hier bemerkbar. Es fielen zugleich auf einer elliptischen Bodenfläche, deren große Achse von SO nach NW 1,2 Meile (9 km) Länge hatte, viele Meteorsteine, von welchen der größte nur 17½ Pfund (8,75 kg) wog. Sie waren heiß, aber nicht rotglühend, [15] dampften sichtbar, und, was sehr auffallend ist, sie waren in den ersten Tagen nach dem Falle leichter zersprengbar als nachher. Ich habe absichtlich bei dieser Erscheinung länger verweilt, um sie mit einer vom 13. September 1768 vergleichen zu können. Um 4½ Uhr nachmittags wurde an dem eben genannten Tage bei dem Dorfe Luce (Dep. d'Eure et Loire), eine Meile westlich von Chartres, ein dunkles Gewölk gesehen, in dem man wie einen Kanonenschuß hörte, wobei zugleich ein Zischen in der Luft vernommen wurde, verursacht durch den Fall eines sich in einer Kurve bewegenden schwarzen Steines. Der gefallene, halb in das Erdreich eingedrungene Stein wog 7½ Pfund (3,75 kg), und war so heiß, daß man ihn nicht berühren konnte. Er wurde von Lavoisier, Fougeroux und Cadet sehr unvollkommen analysiert. Eine Lichterscheinung ward bei dem ganzen Ereignis nicht wahrgenommen.

Sobald man anfing, periodische Sternschnuppenfälle zu beobachten und also in bestimmten Nächten auf ihre Erscheinung zu harren, wurde bemerkt, daß die Häufigkeit der Meteore mit dem Abstande von Mitternacht zunahm, daß die meisten zwischen 2 und 5 Uhr morgens fielen. Schon bei dem großen Meteorfalle zu Cumana in der Nacht vom 11. zum 12. November 1799 hatte mein Reisebegleiter den größten Schwarm von Sternschnuppen zwischen 2½ und 4 Uhr gesehen. Ein sehr verdienstvoller Beobachter der Meteorphänomene, Coulvier-Gravier, hat im Mai 1845 dem Institut zu Paris eine wichtige Abhandlung *Sur la variation horaire des étoiles filantes* übergeben. Es ist schwer, die Ursache einer solchen *stündlichen Variation*, einen Einfluß des Abstandes von dem Mitternachtspunkte zu erraten. Wenn

unter verschiedenen Meridianen die Sternschnuppen erst in einer bestimmten Frühstunde vorzugsweise sichtbar werden, so müßte man bei einem kosmischen Ursprunge annehmen, was doch wenig wahrscheinlich ist, daß diese Nacht- oder vielmehr Frühmorgenstunden vorzüglich zur Entzündung der Sternschnuppen geeignet seien, während in anderen Nachtstunden mehr Sternschnuppen vor Mitternacht unsichtbar vorüberziehen. Wir müssen noch lange mit Ausdauer Beobachtungen sammeln.

Die Hauptcharaktere der festen Massen, welche aus der Luft herabfallen, glaube ich nach ihrem chemischen Verhalten und dem in ihnen besonders von Gustav Rose erforschten körnigen Gewebe im Kosmos (Bd. I, S. 92 bis 94) nach dem Standpunkte unseres Wissens im Jahre 1845 ziemlich vollständig abgehandelt zu haben. Die aufeinander folgenden Arbeiten von Howard, Klaproth, Thénard, Vauquelin, Proust, Berzelius, Stromeyer, Laugier, Dufresnoy, Gustav und Heinrich Rose, Boussingault, Rammelsberg und Shepard haben ein reichhaltiges [16] Material geliefert, und doch entgehen unserem Blicke $^{2}/_{3}$ der gefallenen Steine, welche auf dem Meeresboden liegen. Wenn es auch augenfällig ist, wie unter allen Zonen, an den voneinander entferntesten Punkten, die Aerolithen eine gewisse physiognomische Aehnlichkeit haben: in Grönland, Mexiko und Südamerika, in Europa, Sibirien und Hindostan, so bieten dieselben doch bei näherer Untersuchung eine sehr große Verschiedenheit dar. Viele enthalten $^{90}/_{100}$ Eisen, andere (Siena) kaum $^{2}/_{100}$; fast alle haben einen dünnen schwarzen, glänzenden und dabei geäderten Ueberzug, bei einem (Chantonnay) fehlte die Rinde gänzlich. Das spezifische Gewicht einiger Meteorsteine steigt bis 4,28, wenn der kohlenartige, aus zerreiblichen Lamellen bestehende Stein von Alais nur 1,94 zeigte. Einige (Juvenas) bilden ein doleritartiges Gewebe, in welchem kristallisierter Olivin, Augit und Anorthit einzeln zu erkennen sind, andere (die Masse von Pallas) zeigen bloß nickelhaltiges Eisen und Olivin, noch andere (nach den Stoffverhältnissen der Mischung zu urteilen) Aggregate von Hornblende und Albit (Chateau-Renard) oder von Hornblende und Labrador (Blansko und Chantonnay).

Nach der allgemeinen Uebersicht der Resultate, welche ein scharfsinniger Chemiker, Professor Rammelsberg, der sich in der neueren Zeit ununterbrochen, so thätig als glücklich, mit der Analyse der Aerolithen und ihrer Zusammensetzung

aus einfachen Mineralien beschäftigt hat, aufstellt, „ist die Trennung der aus der Atmosphäre herabgefallenen Massen in Meteoreisen und Meteorsteine nicht in absoluter Schärfe zu nehmen. Man findet, obgleich selten, Meteoreisen mit eingemengten Silikaten (die von Heß wieder gewogene sibirische Masse, zu 1270 russischen Pfunden, mit Olivinkörnern), wie andererseits viele Meteorsteine metallisches Eisen enthalten."

„A. Das Meteoreisen, dessen Fall nur wenige Male von Augenzeugen hat beobachtet werden können (Hradschina bei Agram 26. Mai 1751, Braunau 14. Juli 1847), während die meisten analogen Massen schon seit langer Zeit auf der Oberfläche der Erde ruhen, besitzt im allgemeinen sehr gleichartige physische und chemische Eigenschaften. Fast immer enthält es in feineren oder gröberen Teilen Schwefeleisen eingemengt, welches jedoch weder Eisenkies noch Magnetkies, sondern ein Eisenfulfuret zu sein scheint. Die Hauptmasse eines solchen Meteoreisens ist auch kein reines metallisches Eisen, sondern wird durch eine Legierung von Eisen und Nickel gebildet, so daß mit Recht dieser konstante Nickelgehalt (im Durchschnitt zu 10 Prozent, bald etwas mehr, bald etwas weniger) als ein vorzügliches Kriterium für die meteorische Beschaffenheit der ganzen Masse gilt. Es ist nur eine Legierung zweier isomorpher Metalle, wohl keine Verbindung in bestimmten Verhältnissen. In geringer Menge finden sich beigemischt: Kobalt, Mangan, Magnesium, Zinn, Kupfer und Kohlenstoff. Der letztgenannte Stoff ist teilweise mechanisch beigemengt, als schwer verbrennlicher Graphit, teilweise chemisch verbunden mit Eisen, demnach analog vielem Stabeisen. Die Hauptmasse des Meteoreisens enthält auch stets eine eigentümliche Verbindung von Phosphor mit Eisen und Nickel, welche beim Auflösen des Eisens in Chlorwasserstoffsäure als silberweiße mikroskopische Kristallnadeln und Blättchen zurückbleiben."

„B. Die eigentlichen Meteorsteine pflegt man, durch ihr äußeres Ansehen geleitet, in zwei Klassen zu teilen. Die einen nämlich zeigen in einer scheinbar gleichartigen Grundmasse Körner und Flitter von Meteoreisen, welches dem Magnet folgt und ganz die Natur des für sich in größeren Massen aufgefundenen besitzt. Hierher gehören z. B. die Steine von Blansko, Lissa, Aigle, Ensisheim, Chantonnay, Klein-Wenden bei Nordhausen, Erxleben, Chateau-Renard und

Utrecht. Die andere Klasse ist frei von metallischen Beimengungen und stellt sich mehr als ein kristallinisches Gemenge verschiedener Mineralsubstanzen dar, wie z. B. die Steine von Juvenas, Lontalax und Stannern."

„Seitdem Howard, Klaproth und Vauquelin die ersten chemischen Untersuchungen von Meteorsteinen angestellt haben, nahm man lange Zeit keine Rücksicht darauf, daß sie Gemenge einzelner Verbindungen sein könnten, sondern erforschte ihre Bestandteile nur im ganzen, indem man sich begnügte, den etwaigen Gehalt an metallischem Eisen mittels des Magnetes auszuziehen. Nachdem Mohs auf die Analogie einiger Aerolithen mit gewissen tellurischen Gesteinen aufmerksam gemacht hatte, versuchte Nordenskjöld zu beweisen, daß Olivin, Leucit und Magneteisen die Gemengteile des Aerolithen von Lontalax in Finnland seien; doch erst die schönen Beobachtungen von Gustav Rose haben es außer Zweifel gesetzt, daß der Stein von Juvenas aus Magnetkies, Augit und einem dem Labrador sehr ähnlichen Feldspat bestehe. Hierdurch geleitet, suchte Berzelius in einer größeren Arbeit (Kongl. Vetenskaps-Academiens Handlingar för 1834) auch durch chemische Methoden die mineralogische Natur der einzelnen Verbindungen in den Aerolithen von Blansko, Chantonnay und Alais auszumitteln. Der mit Glück von ihm vorgezeichnete Weg ist später vielfach befolgt worden."

„α. Die erste und zahlreichere Klasse von Meteorsteinen, die mit metallischem Eisen, enthält dasselbe bald fein eingesprengt, bald in größeren Massen, die sich bisweilen als ein zusammenhängendes Eisenskelett gestalten, und so den Uebergang zu jenen Meteoreisenmassen bilden, in welchen, wie in der sibirischen Masse von Pallas, die übrigen Stoffe zurücktreten. Wegen ihres beständigen Olivingehaltes sind sie reich an Talkerde. Der Olivin ist derjenige Gemengteil dieser Meteorsteine, welcher bei ihrer Behandlung mit Säuren zerlegt wird. Gleich dem tellurischen ist er ein Silikat von Talkerde und Eisenoxydul. Derjenige Teil, welcher durch Säuren nicht angegriffen wird, ist ein Gemenge von Feldspat- und Augitsubstanz, deren Natur sich einzig und allein durch Rechnung aus ihrer Gesamtmischung (als Labrador, Hornblende, Augit oder Oligoklas) bestimmen läßt."

„β. Die zweite, viel seltenere Klasse von Meteorsteinen ist weniger untersucht. Sie enthalten teils Magneteisen, Olivin und etwas Feldspat- und Augitsubstanz, teils bestehen sie

bloß aus den beiden letzten einfachen Mineralien, und das Feldspatgeschlecht ist dann durch Anorthit repräsentiert. Chromeisen (Chromoxydeisenoxydul) findet sich in geringer Menge fast in allen Meteorsteinen; Phosphorsäure und Titansäure, welche Rammelsberg in dem so merkwürdigen Steine von Juvenas entdeckte, deuten vielleicht auf Apatit und Titanit."

„Von den einfachen Stoffen sind im allgemeinen bisher in den Meteorsteinen nachgewiesen worden: Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Kiesel, Aluminium, Magnesium, Calcium, Kalium, Natrium, Eisen, Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan, Kupfer, Zinn und Titan, also 18 Stoffe. Die näheren Bestandteile sind: a) metallische: Nickeleisen, eine Verbindung von Phosphor mit Eisen und Nickel, Eisensulfuret und Magnetkies; b) oxydierte: Magneteisen und Chromeisen; c) Silikate: Olivin, Anorthit, Labrador und Augit."

Es würde mir noch übrig bleiben, um hier die größtmögliche Menge wichtiger Thatsachen, abgesondert von hypothetischen Ahnungen, zu konzentrieren, die mannigfaltigen Analogieen zu entwickeln, welche einige Meteorgesteine als Gebirgsarten mit älteren sogenannten Trappgesteinen (Doleriten, Dioriten und Melaphyren), mit Basalten und neueren Laven darbieten. Diese Analogieen sind um so auffallender, als „die metallische Legierung von Nickel und Eisen, welche in gewissen meteorischen Massen konstant enthalten ist", bisher noch nicht in tellurischen Mineralien entdeckt wurde. Derselbe ausgezeichnete Chemiker, dessen freundliche Mitteilungen ich in diesen letzten Blättern benutzt habe, verbreitet sich über diesen Gegenstand in einer eigenen Abhandlung,[17] deren Resultate geeigneter in dem geologischen Teile des Kosmos erörtert werden.

Anmerkungen.

[1] (S. 426.) Der Anblick des gestirnten Himmels bietet uns Ungleichzeitiges dar. Vieles ist längst verschwunden, ehe es uns erreicht, vieles anders geordnet.

[2] (S. 428.) Wenn Stobäus in derselben Stelle (Eclog. phys. p. 508) dem Apolloniaten zuschreibt, er habe die Sterne bimssteinartige Körper (also poröse Steine) genannt, so mag die Veranlassung zu dieser Benennung wohl die im Altertum so verbreitete Idee sein, daß alle Weltkörper durch feuchte Ausdünstungen genährt werden. Die Sonne gibt das Eingesogene wieder zurück. Die bimssteinartigen Weltkörper haben ihre eigenen Exhalationen. „Diese, welche nicht gesehen werden können, solange sie in den himmlischen Räumen umherirren, sind Steine, entzünden sich und verlöschen, wenn sie zur Erde herabfallen." Den Fall von Meteorsteinen hält Plinius für häufig, „decidere tamen crebro, non erit dubium"; er weiß auch, daß der Fall in heiterer Luft ein Getöse hervorbringt. Die analog scheinende Stelle des Seneca, in welcher er den Anaximenes nennt (Natur. Quaest. lib. II, 17) bezieht sich wohl auf den Donner in einer Gewitterwolke.

[3] (S. 428.) Die merkwürdige Stelle (Plut., Lys. cap. 12) lautet wörtlich übersetzt also: „Wahrscheinlich ist die Meinung einiger, die gesagt haben, die Sternschnuppen seien nicht Abflüsse noch Verbreitungen des ätherischen Feuers, welches in der Luft verlösche gleich bei seiner Entzündung, noch auch Entflammung und Entbrennung von Luft, die sich in Menge abgelöst habe nach der oberen Region, sondern Wurf und Fall himmlischer Körper, welche wie durch einen Nachlaß des Schwunges und eine ungeregelte Bewegung, durch einen Absprung, nicht bloß auf den bewohnten Raum der Erde geschleudert werden, sondern meistenteils außerhalb in das große Meer fallen, weshalb sie auch verborgen bleiben."

[4] (S. 428.) Ueber absolut dunkle Weltkörper oder solche, in denen der Lichtprozeß (periodisch?) aufhört, über die Meinungen der Neueren (Laplace und Bessel) und über die von Peters in Königsberg bestätigte Besselsche Beobachtung einer Veränderlichkeit in der eigenen Bewegung des Prokyon, ſ. Kosmos Bd. III, S. 190 bis 191.

[5] (S. 429.) Die im Text bezeichnete denkwürdige Stelle des Plutarch (De facie in Orbe Lunae, p. 923) heißt wörtlich übersetzt: „Ist doch dem Mond eine Hilfe gegen das Fallen seine Bewegung selbst und das Heftige des Kreisumlaufes, so wie die in Schleudern gelegten Dinge an dem Umschwung im Kreise ein Hindernis des Herabfallens haben."

[6] (S. 430.) „Die periodischen Sternschnuppen und die Resultate der Erscheinungen, abgeleitet aus den während der letzten zehn Jahre zu Aachen angestellten Beobachtungen, von Eduard Heis" (1849), S. 7 und 26 bis 30.

[7] (S. 430.) Die Angabe des Nordpols als Centrum der Radiation in der Augustperiode gründet sich nur auf die Beobachtungen des einzigen Jahres 1833 (10. August). Ein Reisender im Orient, Dr. Asahel Grant, meldet aus Mardin in Mesopotamien, „daß um Mitternacht der Himmel von Sternschnuppen, welche alle von der Gegend des Polarsternes ausgingen, wie gefurcht war."

[8] (S. 430.) Es hatte aber dieses Uebergewicht des Ausgangspunktes des Perseus über den des Löwen noch keineswegs statt bei den Bremer Beobachtungen der Nacht vom 13. zum 14. November 1838. Ein sehr geübter Beobachter, Noswinkel, sah bei einem reichen Sternschnuppenfall fast sämtliche Bahnen aus dem Löwen und dem südlichen Teile des großen Bären ausgehen, während in der Nacht vom 12. zum 13. November bei einem nur wenig ärmeren Sternschnuppenfall bloß vier Bahnen von dem Löwen ausgingen. Olbers setzt sehr bedeutsam hinzu: „Die Bahnen dieser Nacht zeigten unter sich nichts Paralleles, keine Beziehung auf den Löwen, und (wegen des Mangels an Parallelismus) schienen sie zu den sporadischen und nicht zu den periodischen zu gehören. Das eigentliche Novemberphänomen war aber freilich nicht an Glanz mit denen der Jahre 1799, 1832 und 1833 zu vergleichen."

[9] (S. 431.) (Vergl. Aristot., Problem. XXVI. 23, Seneca, Nat. Quaest. lib. I, 14: „ventum significat stellarum discurrentium lapsus, et quidem ab ea parte qua erumpit.") Ich selbst habe lange, besonders während meines Aufenthaltes in Marseille zur Zeit der ägyptischen Expedition, an den Einfluß der Winde auf die Richtung der Sternschnuppen geglaubt.

[10] (S. 432.) Alles, was von hier an im Texte durch Anführungszeichen unterschieden ist, verdanke ich der freundlichen Mitteilung des Herrn Julius Schmidt, Adjunkten an der Sternwarte zu Bonn.

[11] (S. 433.) Ich habe jedoch selbst am 16. März 1803 einen beträchtlichen Sternschnuppenfall in der Südsee (Br. 13½° N.) beobachtet. Auch 687 Jahre vor unserer christlichen Zeitrechnung wurden in China zwei Meteorströme im Monat März gesehen.

[12] (S. 434.) Ein ganz ähnlicher Sternschnuppenfall, als Boguslawski der Sohn für 1366, Oktober 21. (a. St.) in Benesse de Horovic, Chronicon Ecclesiae Pragensis aufgefunden,

ist weitläufig in dem berühmten historischen Werke von Duarte Nunez do Liaõ (Chronicas dos Reis de Portugal reformadas Parte I. Lisb. 1600. fol. 187) beschrieben, aber auf die Nacht vom 22. zum 23. Oktober (a. St.) verlegt. Sind es zwei Ströme, in Böhmen und am Tajo gesehen, oder hat einer der Chronikenschreiber sich um einen Tag geirrt? Folgendes sind die Worte des portugiesischen Historikers: „Vindo o anno de 1366. sendo andados XXII. dias do mes de Octubro, tres meses antes do fallecimento del Rei D. Pedro (de Portugal), se fez no ceo hum movimento de estrellas, qual os homẽs naõ viraõ, nem ouviraõ. E foi que desda mea noite por diante correraõ todalas strellas do Levante para o ponente, e acabado de serem juntas começaraõ a correr humas para huma parte, e outras para outra. E despois descerão do ceo tantas e tam spessas, que tanto que faraõ baxas no ar, pareciaõ grandes fogueiras, e que o ceo e o ar ardiaõ, e que a mesma terra queria arder. O ceo parecia partido em muitas partes, alli onde strellas naõ staviaõ. E isto dorou per muito spaço. Os que isto viaõ, houveraõ tam grande medo e pavor, que staviaõ como attonitos, e cuidaviaõ todos de ser mortos, e que era vinda a fim do mundo."

[13] (S. 435.) Es hätten der Zeit nach nähere Vergleichungsepochen angeführt werden können, wenn man sie damals gekannt hätte, z. B. die von Klöden 1823, November 12. bis 13., in Potsdam, die von Bérard 1831, November 12. bis 13., an der spanischen Küste und die von Graf Suchteln zu Orenburg 1832, November 12. bis 13., beobachteten Meteorströme. Das große Phänomen vom 11. und 12. November 1799, welches wir, Bonpland und ich, beschrieben haben, dauerte von 2 bis 4 Uhr morgens. Auf der ganzen Reise, welche wir durch die Waldregion des Orinoko südlich bis zum Rio negro machten, fanden wir, daß der ungeheure Meteorfall von den Missionären gesehen und zum Teil in Kirchenbüchern aufgezeichnet ward. In Labrador und Grönland hatte er die Eskimo bis Lichtenau und Neu-Herrnhut (Br. 64° 14′) in Erstaunen versetzt. Zu Itterstedt bei Weimar sah der Prediger Zeising das, was zugleich unter dem Aequator und nahe am nördlichen Polarkreis in Amerika sichtbar war. Da die Periodizität des St. Laurentiusstromes (10. August) erst weit später die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat als das Novemberphänomen, so habe ich mit Sorgfalt alle mir bekannten, genau beobachteten und beträchtlichen Sternschnuppenfälle vom 12. zum 13. November bis 1846 zusammengestellt. Es sind deren fünfzehn: 1799, 1818, 1822, 1823, 1831 bis 1839 alle Jahre, 1841 und 1846. Ich schließe die Meteorfälle aus, welche um mehr als einen oder zwei Tage abweichen, wie 10. November 1787, 8. November 1813. Eine solche, fest an einzelne Tage gefesselte Periodizität ist um so wundersamer, als Körper von so wenig Masse so leicht Störungen ausgesetzt sind

und die Breite des Ringes, in welchem man sich die Meteore eingeschlossen vorstellt, in der Erdbahn mehrere Tage umfassen kann. Die glänzendsten Novemberströme sind gewesen 1799, 1831, 1833, 1834. (Wo in meiner Beschreibung der Meteore von 1799 den größten Boliden oder Feuerkugeln ein Durchmesser von 1° und 1¼° zugeschrieben wird, hätte es 1 und 1¼ Monddurchmesser heißen sollen.) Es ist hier auch der Ort, der Feuerkugel zu erwähnen, welche die besondere Aufmerksamkeit des Direktors der Sternwarte von Toulouse, Herrn Petit, auf sich gezogen und deren Umlauf um die Erde er berechnet hat.

[14] (S. 438.) Der große Aerolithenfall von Crema und den Ufern der Adda ist mit besonderer Lebendigkeit, aber leider! rhetorisch und unklar, von dem berühmten Petrus Martyr von Anghiera beschrieben. Was dem Steinfall selbst vorherging, war eine fast totale Verfinsterung am 4. September 1511 in der Mittagsstunde. „Fama est, Pavonem immensum in aërea Cremensi plaga fuisse visum. Pavo visus in pyramidem converti, adeoque celeri ab occidente in orientem raptari cursu, ut in horae momento magnam hemisphaerii partem, doctorum inspectantium sententia, pervolasse credatur. Ex nubium illico densitate tenebras verunt surrexisse, quales viventium nullus unquam se cognovisse fateatur. Per eam noctis faciem, cum formidolosis fulguribus, inaudita tonitrua regionem circumsepserunt.“ Die Erleuchtungen waren so intensiv, daß die Bewohner um Bergamo die ganze Ebene von Crema während der Verfinsterung sehen konnten. „Ex horrendo illo fragore quid irata natura in eam regionem pepererit, percunctaberis. Saxa demisit in Cremensi planitie (ubi nullus unquam aequans ovum lapis visus fait) immensae magnitudinis, ponderis egregii. Decem fuisse reperta centilibralia saxa ferunt.“ Vögel, Schafe, ja Fische wurden getötet. Unter allen diesen Uebertreibungen ist doch zu ersehen, daß das Meteorgewölk, aus welchem die Steine herabfielen, von ungewöhnlicher Schwärze und Dicke gewesen sein muß. Der Pavo war ohne Zweifel eine lang und breit geschweifte Feuerkugel. Das furchtbare Geräusch in dem Meteorgewölk wird hier als der die Blitze(?) begleitende Donner geschildert. Anghiera erhielt selbst in Spanien ein faustgroßes Fragment (ex frustis disruptorum saxorum), und zeigte es dem König Ferdinand dem Katholischen in Gegenwart des berühmten Kriegers Gonzalo de Cordova. Sein Brief endigt mit den Worten: „mira super hisce prodigiis conscripta fanatice, physice, theologice ad nos missa sunt ex Italia. Quid portendant, quomodoque gignantur, tibi utraque servo, si aliquando ad nos veneris.“ (Geschrieben aus Burgos an Fagiardus.) – Noch genauer behauptet Cardanus, es seien 1200 Aerolithen gefallen, unter ihnen einer von 120 Pfund, eisenschwarz und von großer Dichte. Das Geräusch habe zwei Stunden gedauert: „ut mirum sit, tantam molem in aëre sustineri

potuisse." Er hält die geschweifte Feuerkugel für einen Kometen, und irrt in der Erscheinung um ein Jahr: „Vidimus anno 1510 . . ." Cardanus war zu der Zeit neun bis zehn Jahre alt.

[15] (S. 439.) Neuerdings bei dem Aerolithenfall von Braunau (14. Juli 1847) waren die gefallenen Steinmassen nach sechs Stunden noch so heiß, daß man sie nicht, ohne sich zu verbrennen, berühren konnte. Von der Analogie, welche die skythische Mythe vom heiligen Golde mit einem Meteorfalle darbietet, habe ich bereits (Asie centrale T. I. p. 408) gehandelt. „Targitao filios fuisse tres, Leipoxain et Arpoxain, minimumque natu Colaxain. His regnantibus de coelo delapsa aurea instrumenta, aratrum et jugum et bipennem et phialam, decidisse in Scythicam terram. Et illorum natu maximum, qui primus conspexisset, propius accedentem capere ista voluisse; sed, eo accedente, aurum arsisse. Quo digresso, accessisse alterum, et itidem arsisse aurum. Hos igitur ardens aurum repudiasse; accedente vero natu minimo, fuisse extinctum, hunc que illud domum suam contulisse: qua re intellecta, fratres majores ultro universum regnum minimo natu tradidisse." (Herodot IV, 5 und 7 nach der Uebersetzung von Schweighäuser.) Ist aber vielleicht die Mythe vom heiligen Golde nur eine ethnographische Mythe, eine Anspielung auf drei Königssöhne, Stammväter von drei Stämmen der Skythen, eine Anspielung auf den Vorrang, welchen der Stamm des jüngsten Sohnes, der der Paralaten, erlangte?

[16] (S. 440.) Von Metallen wurden in den Meteorsteinen entdeckt: Nickel von Howard, Kobalt durch Stromeyer, Kupfer und Chrom durch Laugier, Zinn durch Berzelius.

[17] (S. 443.) Alles, was im Texte von S. 441 bis S. 443 durch Anführungszeichen unterschieden ist, wurde aus Handschriften des Professor Rammelsberg (Mai 1851) entlehnt.

Schlußworte.

Den uranologischen Teil der physischen Weltbeschreibung beschließend, glaube ich, im Rückblick auf das Erstrebte (ich sage nicht das Geleistete), nach der Ausführung eines so schwierigen Unternehmens von neuem daran erinnern zu müssen, daß diese Ausführung nur unter den Bedingungen hat geschehen können, welche in der Einleitung zum dritten Bande des Kosmos bezeichnet worden sind. Der Versuch einer solchen kosmischen Bearbeitung beschränkt sich auf die Darstellung der Himmelsräume und dessen, was sie von geballter oder ungeballter Materie erfüllt. Er unterscheidet sich daher, nach der Natur des unternommenen Werkes, wesentlich von den mehr umfassenden, ausgezeichneten Lehrbüchern der Astronomie, welche die verschiedenen Litteraturen zur jetzigen Zeit aufzuweisen haben. Astronomie, als Wissenschaft der Triumph mathematischer Gedankenverbindung, auf das sichere Fundament der Gravitationslehre und die Vervollkommnung der höheren Analysis (eines geistigen Werkzeuges der Forschung) gegründet, behandelt Bewegungserscheinungen, gemessen nach Raum und Zeit, Oertlichkeit (Position) der Weltkörper in ihrem gegenseitigen, sich stets verändernden Verhältnis zu einander, Formenwechsel, wie bei den geschweiften Kometen, Lichtwechsel, ja Auflodern und gänzliches Erlöschen des Lichtes bei fernen Sonnen. Die Menge des im Weltall vorhandenen Stoffes bleibt immer dieselbe; aber nach dem, was in der tellurischen Sphäre von physischen Naturgesetzen bereits erforscht worden ist, sehen wir walten im ewigen Kreislauf der Stoffe den ewig unbefriedigten, in zahllosen und unnennbaren Kombinationen auftretenden Wechsel derselben. Solche Kraftäußerung der

Materie wird durch ihre, wenigstens scheinbar elementarische Heterogeneität hervorgerufen. Bewegung in unmeßbaren Raumteilen erregend, kompliziert die Heterogeneität der Stoffe alle Probleme des irdischen Naturprozesses.

Die astronomischen Prozesse sind einfacherer Natur. Von den eben genannten Komplikationen und ihrer Beziehung bis jetzt befreit, auf Betrachtung der Quantität der ponderablen Materie (Massen) auf Licht und Wärme erregende Schwingungen gerichtet, ist die Himmelsmechanik, gerade wegen dieser Einfachheit, in welcher alles auf Bewegung zurückgeführt wird, der mathematischen Bearbeitung in allen ihren Teilen zugänglich geblieben. Dieser Vorzug gibt den Lehrbüchern der theoretischen Astronomie einen großen und ganz eigentümlichen Reiz. Es reflektiert sich in ihnen, was die Geistesarbeit der letzten Jahrhunderte auf analytischen Wegen errungen hat, wie Gestaltung und Bahnen bestimmt, wie in den Bewegungserscheinungen der Planeten nur kleine Schwankungen um einen mittleren Zustand des Gleichgewichtes stattfinden, wie das Planetensystem durch seine innere Einrichtung, durch Ausgleichung der Störungen sich Schutz und Dauer bereitet.

Die Untersuchung der Mittel zum Erfassen des Weltganzen, die Erklärung der verwickelten Himmelserscheinungen gehören nicht in den Plan dieses Werkes. Die physische Weltbeschreibung erzählt, was den Weltraum füllt und organisch belebt, in den beiden Sphären der uranologischen und tellurischen Verhältnisse. Sie weilt bei den aufgefundenen Naturgesetzen und behandelt sie wie errungene Thatsachen, als unmittelbare Folgen empirischer Induktion. Das Werk vom Kosmos, um in geeigneten Grenzen und in nicht übermäßiger Ausdehnung ausführbar zu werden, durfte nicht versuchen, den Zusammenhang der Erscheinungen theoretisch zu begründen. In dieser Beschränkung des vorgesetzten Planes habe ich in dem astronomischen Bande des Kosmos desto mehr Fleiß auf die einzelnen Thatsachen und auf ihre Anordnung gewandt. Von der Betrachtung des Weltraumes, seiner Temperatur, dem Maße seiner Durchsichtigkeit und dem widerstehenden (hemmenden) Medium, welches ihn füllt, bin ich auf das natürliche und teleskopische Sehen, die Grenzen der Sichtbarkeit, die Geschwindigkeit des Lichtes nach Verschiedenheit seiner Quellen, die unvollkommene Messung der Licht

intensität, die neuen optischen Mittel, direktes und reflektierendes Licht voneinander zu unterscheiden, übergegangen. Dann folgen: der Fixsternhimmel, die numerische Angabe der an ihm selbstleuchtenden Sonnen, soweit ihre Position bestimmt ist, ihre wahrscheinliche Verteilung, die veränderlichen Sterne, welche in wohlgemessenen Perioden wiederkehren, die eigene Bewegung der Fixsterne, die Annahme dunkler Weltkörper und ihr Einfluß auf Bewegung in Doppelsternen, die Nebelflecke, insofern diese nicht ferne und sehr dichte Sternschwärme sind.

Der Uebergang von dem siderischen Teile der Uranologie, von dem Fixsternhimmel zu unserem Sonnensysteme ist nur der Uebergang vom Universellen zum Besonderen. In der Klasse der Doppelsterne bewegen sich selbstleuchtende Weltkörper um einen gemeinsamen Schwerpunkt; in unserem Sonnensysteme, das aus sehr heterogenen Elementen zusammengesetzt ist, kreisen dunkle Weltkörper um einen selbstleuchtenden, oder vielmehr wieder um einen gemeinsamen Schwerpunkt, der zu verschiedenen Zeiten in und außerhalb des Centralkörpers liegt. Die einzelnen Glieder des Sonnengebietes sind ungleicher Natur, verschiedenartiger, als man jahrhundertelang zu glauben berechtigt war. Es sind: Haupt- und Nebenplaneten; unter den Hauptplaneten eine Gruppe, deren Bahnen einander durchschneiden, eine ungezählte Schar von Kometen, der Ring des Tierkreislichtes und mit vieler Wahrscheinlichkeit die periodischen Meteorasteroiden.

Es bleibt noch übrig, als thatsächliche Beziehungen die drei großen von Kepler entdeckten Gesetze der planetarischen Bewegung hier ausdrücklich anzuführen. Erstes Gesetz: Jede Bahn eines planetarischen Körpers ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet. Zweites Gesetz: In gleichen Zeiten beschreibt jeder planetarische Körper gleiche Sektoren um die Sonne. Drittes Gesetz: Die Quadratzahlen der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kubi der mittleren Entfernung. Das zweite Gesetz wird bisweilen das erste genannt, weil es früher aufgefunden ward. (Kepler, Astronomia nova, seu Physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis, ex observ. Tychonis Brahi elaborata, 1609; vergl. cap. XL mit cap. LIX.) Die beiden ersten Gesetze würden Anwendung finden, wenn es auch nur

einen einzigen planetarischen Körper gäbe, das dritte und wichtigste, welches neun Jahre später entdeckt ward, fesselt die Bewegung zweier Planeten an ein Gesetz. (Das Manuskript der Harmonice Mundi, welche 1619 erschien, war bereits vollendet am 27. Mai 1618.)

Wenn im Anfang des 17. Jahrhunderts die Gesetze der Planetenbewegung empirisch aufgefunden wurden, wenn Newton erst die Kraft enthüllte, von deren Wirkung Keplers Gesetze als notwendige Folgen zu betrachten sind, so hat das Ende des 18. Jahrhunderts durch die neuen Wege, welche die vervollkommnete Infinitesimalrechnung zur Erforschung astronomischer Wahrheiten eröffnete, das Verdienst gehabt, die Stabilität des Planetensystemes darzuthun. Die Hauptelemente dieser Stabilität sind: die Unveränderlichkeit der großen Achsen der Planetenbahnen, von Laplace (1773 und 1784), Lagrange und Poisson erwiesen, die lange periodische, in enge Grenzen eingeschlossene Aenderung der Exzentrizität zweier mächtiger sonnenfernen Planeten, Jupiters und Saturns, die Verteilung der Massen, da die des Jupiter selbst nur $^1/_{1048}$ der Masse des alles beherrschenden Centralkörpers ist, endlich die Einrichtung, daß nach dem ewigen Schöpfungsplane und der Natur ihrer Entstehung alle Planeten des Sonnensystemes sich in einer Richtung translatorisch und rotierend bewegen, daß es in Bahnen geschieht von geringer und sich wenig ändernder Ellipsität, in Ebenen von mäßigen Unterschieden der Inklination, daß die Umlaufszeiten der Planeten untereinander kein gemeinschaftliches Maß haben. Solche Elemente der Stabilität, gleichsam der Erhaltung und Lebensdauer der Planeten sind an die Bedingung gegenseitiger Wirkung in einem inneren, abgeschlossenen Kreise geknüpft. Wird durch den Zutritt eines von außen kommenden, bisher zu dem Planetensystem nicht gehörigen Weltkörpers jene Bedingung aufgehoben (Laplace, Exposit. du Syst. du Monde p. 309 und 391), so kann allerdings diese Störung, als Folge neuer Anziehungskräfte oder eines Stoßes, dem Bestehenden verderblich werden, bis endlich nach langem Konflikte sich ein anderes Gleichgewicht erzeuge. Die Ankunft eines Kometen auf hyperbolischer Bahn aus großer Ferne kann, wenngleich Mangel an Masse durch eine ungeheure Geschwindigkeit ersetzt wird, doch mit Besorgnis nur eine Phantasie erfüllen, welche für die ernsten Tröstungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht empfänglich ist. Es sind die

reisenden Gewolke der inneren Kometen unserem Sonnensysteme nicht gefahrbringender als die großen Bahnneigungen einiger der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter. Was als bloße Möglichkeit bezeichnet werden muß, liegt außerhalb des Gebietes einer physischen Weltbeschreibung. Die Wissenschaft soll nicht überschweifen in das Nebelland kosmologischer Träume.

Berichtigungen und Zusätze.

S. 32 Z. 21.

Seitdem diese Stelle des Kosmos, in welcher „ein mit Sicherheit sich offenbarender Einfluß der Sonnenstellung auf den Erdmagnetismus" bezweifelt wird, gedruckt worden ist, haben die neuen und trefflichen Arbeiten von Faraday einen solchen Einfluß erwiesen. Lange Reihen magnetischer Beobachtungen in entgegengesetzten Hemisphären (z. B. Toronto in Kanada und Hobarttown auf Vandiemensland) zeigen, daß der Erdmagnetismus einer jährlichen Variation unterliegt, welche von der relativen Stellung der Sonne und Erde abhängt.

S. 51 Z. 21.

Die sonderbare Erscheinung des Sternschwankens ist ganz neuerlich (20. Januar 1851) abends zwischen 7 und 8 Uhr am Sirius, der nahe am Horizont stand, auch in Trier von sehr glaubwürdigen Zeugen beobachtet worden. S. den Brief des Oberlehrers der Mathematik Herrn Flesch in Jahns Unterhaltungen für Freunde der Astronomie.

S. 119 Z. 3 v. u. und S. 144 Anm. 25.

Der Wunsch, welchen ich lebhaft geäußert, der historischen Epoche, in welche das Verschwinden der Röte des Sirius fällt, mit mehr Sicherheit auf die Spur zu kommen, ist teilweise durch den rühmlichen Fleiß eines jungen Gelehrten, der eine treffliche Kenntnis orientalischer Sprachen mit ausgezeichnetem mathematischen Wissen verbindet, Dr. Wöpke, erfüllt worden. Der Uebersetzer und Kommentator der wichtigen Algebra des Omar Alkhayyami schreibt mir (aus Paris, im August 1851): „Ich habe in Bezug auf Ihre im astronomischen Bande des Kosmos enthaltene Aufforderung die vier hier befindlichen Manuskripte der Uranographie des Abdurrahman Al Sufi nachgesehen, und gefunden, daß darin α Bootis, α Tauri, α Scorpii und α Orionis sämtlich ausdrücklich rot genannt werden, Sirius dagegen nicht. Viel-

mehr lautet die auf diesen bezügliche Stelle in allen vier Manuskripten übereinstimmend so: „Der erste unter den Sternen desselben (des großen Hundes) ist der große, glänzende an seinem Munde, welcher auf dem Astrolabium verzeichnet ist und Al-jo-maanijah genannt wird." - Wird aus dieser Untersuchung und aus dem, was ich aus Alfragani angeführt, nicht wahrscheinlich, daß der Farbenwechsel zwischen Ptolemäus und die Araber fällt?

S. 197 Z. 19.

In der gedrängten Darlegung der Methode, durch die Geschwindigkeit des Lichtes die Parallaxe von Doppelsternen zu finden, sollte es heißen: Die Zeit, welche zwischen den Zeitpunkten verfließt, wo der planetarische Nebenstern der Erde am nächsten ist und wo er ihr am fernsten steht, ist immer länger, wenn er von der größten Nähe zur größten Entfernung übergeht, als die umgekehrte, wenn er aus der größten Entfernung zur größten Nähe zurückkehrt.

S. 216.

In der französischen Ueberiefrung des astronomischen Bandes des Kosmos, welche zu meiner Freude wieder Herr H. Faye übernommen, hat dieser gelehrte Astronom die Abteilung von den Doppelsternen sehr bereichert. Ich hatte mit Unrecht die wichtigen Arbeiten des Herrn Yvon Villarceau, welche schon im Laufe des Jahres 1849 in dem Institute verlesen waren, zu benutzen versäumt (s. Connaissance des temps pour l'an 1852, p. 3 bis 128. Ich entlehne hier aus einer Tabelle der Bahnelemente von acht Doppelsternen des Herrn Faye die vier ersten Sterne, welche er für die am sichersten berechneten hält:

Bahnelemente von Doppelsternen.

Name und Größe der Doppelsterne	halbe große Achse	Exzentrizität	Umlaufszeit in Jahren	Namen der Berechner	
ξ Ursae majoris (4. und 5. Gr.)	3,857"	0,4164	58,262	Savary	1830
	3,278	0,3777	60,720	J. Herschel	1849
	2,295	0,4037	61,300	Mädler	1847
	2,439	0,4315	61,576	Y. Villarceau	1848
p Ophiuchi (4. und 6. Gr.)	4,328"	0,4300	73,862	Encke	1832
	4,966	0,4445	92,338	Y. Villarceau	1849
	4,8..	0,4781	92,...	Mädler	1849

Name und Größe der Doppelsterne	halbe große Achse	Exzentrizität	Umlaufszeit in Jahren	Namen der Berechner
ζ Herculis	1,208″	0,4320	30,22	Mädler 1847
(3. u. 6., 5. Gr.)	1,254	0,4482	36,357	J. Villarceau 1847
η Coronae	0,902″	0,2891	42,50	Mädler 1847
(5., 5. u. 6. Gr.)	1,012	0,4744	42,501	J. Villarceau 1847
	1,111	0,4695	66,257	derselbe, 2. Lösung

Das Problem der Umlaufszeit von η Coronae gibt zwei Solutionen, von 42,5 und 66,3 Jahren; aber die neuesten Beobachtungen von Otto Struve geben dem zweiten Resultat den Vorzug. Herr Yvon Villarceau findet für die halbe große Achse, Exzentrizität und Umlaufszeit in Jahren:

γ Virginis	3,446″	0,8699	153,787
ζ Cancri	0,934″	0,3662	59,590
α Centauri	12,128″	0,7187	78,486

Die Bedeckung eines Fixsternes durch einen anderen, welche ζ Herculis dargeboten hat, habe ich (S. 214) scheinbar genannt. Herr Jane zeigt, daß sie eine Folge der fakticen Durchmesser der Sterne (Kosmos Bd. III, S. 47 und 117) in unseren Fernröhren ist. — Die Parallaxe von 1830 Groombridge, welche ich S. 196 dieses Bandes 0,226″ angegeben, ist gefunden von Schlüter und Wichmann zu 0,182″, von Otto Struve zu 0,034″.

S. 367 Z. 19.

Als der Druck des Abschnittes von den kleinen Planeten schon geendigt war, ist uns erst im nördlichen Deutschland die Kunde von der Entdeckung eines fünfzehnten kleinen Planeten (Eunomia) gekommen. Er ist wiederum von Herrn de Gasparis und zwar am 19. Juli 1851 entdeckt worden. Die Elemente der Eunomia, berechnet von G. Rümker, sind:

Epoche der mittl. Länge	1851 Okt. 1,0 m. Greenw. Zeit
mittl. Länge	321° 25′ 29″
Länge des Perihels	27 35 38
Länge des aufst. Knotens	293 52 55
Neigung	11 43 43
Exzentrizität	0,188402
halbe große Achse	2,64758
mittl. tägliche Bewegung	823,630
Umlaufszeit	1574 Tage.

S. 380 Z. 12.

Nach einer freundlichen Mitteilung von Sir John Herschel (8. November 1851) hat Herr Lassell am 23., 28., 30. Oktober und 2. November des vorgenannten Jahres zwei Uranussatelliten deutlich beobachtet, die dem Hauptplaneten noch näher zu liegen scheinen als der erste Satellit von Sir William Herschel, welchem dieser eine Umlaufszeit von ungefähr 5 Tagen und 21 Stunden zuschreibt, welcher aber nicht erkannt wurde. Die Umlaufszeiten der beiden jetzt von Lassell gesehenen Uranustrabanten waren nahe an 4 und $2\frac{1}{2}$ Tage.

Inhalts-Uebersicht

des III. Bandes des Kosmos.

Spezielle Ergebnisse der Beobachtung in dem Gebiete kosmischer Erscheinungen — Einleitung S. 3—18 und Anm. S. 19—24.

Rückblick auf das Geleistete. Die Natur unter einem zweifachen Gesichtspunkte betrachtet, in der reinen Objektivität der äußeren Erscheinung und im Reflex auf das Innere des Menschen. — Eine bedeutsame Anreihung der Erscheinungen führt von selbst auf deren ursachlichen Zusammenhang. — Vollständigkeit bei Aufzählung der Einzelheiten wird nicht beabsichtigt, am wenigsten in der Schilderung des reflektierten Naturbildes unter dem Einfluß schöpferischer Einbildungskraft. Es entsteht neben der wirklichen oder äußeren Welt eine ideale und innere Welt, voll physisch symbolischer Mythen, verschieden nach Volksstämmen und Klimaten, jahrhundertelang auf spätere Generationen vererbt, und eine klare Naturansicht trübend. — Ursprüngliche Unvollendbarkeit der Erkenntnis kosmischer Erscheinungen. Das Auffinden empirischer Gesetze, das Erspähen des Kausalzusammenhanges der Erscheinungen; Weltbeschreibung und Welterklärung. Wie durch das Seiende sich ein kleiner Teil des Werdens offenbart. — Verschiedene Phasen der Welterklärung, Versuche des Verstehens der Naturordnung. — Aelteste Grundanschauung des hellenischen Volksgeistes, physiologische Phantasieen der ionischen Schule; Keime wissenschaftlicher Naturbetrachtung. Zwei Richtungen der Erklärung durch Annahme stoffartiger Prinzipien (Elemente) und durch Prozesse der Verdünnung und Verdichtung. Centrifugaler Umschwung. Wirbeltheorieen. — Pythagoreer; Philosophie des Maßes und der Harmonie, Anfang einer mathematischen Behandlung physischer Erscheinungen. — Weltordnung und Weltregierung nach den physischen Vorträgen des Aristoteles. Mit-

teilung der Bewegung als Grund aller Erscheinungen betrachtet; minder ist der Sinn der aristotelischen Schule auf Stoffverschiedenheit gerichtet. — Diese Art der Naturphilosophie, in Grundideen und Form, wird auf das Mittelalter vererbt. Roger Bacon, der Naturspiegel des Vincenz von Beauvais, Liber cosmographicus von Albert dem Großen, Imago Mundi des Kardinals Pierre d'Ailly. — Fortschritt durch Giordano Bruno und Telesio. — Klarheit in der Vorstellung von der Gravitation als Massenanziehung bei Kopernikus. Erste Versuche einer mathematischen Anwendung der Gravitationslehre bei Kepler. — Die Schrift vom Kosmos des Descartes (Traité du Monde) großartig unternommen, aber lange nach seinem Tode nur fragmentarisch erschienen; der Kosmotheoros von Huygens des großen Namens unwürdig — Newton und sein Werk Philosophiae Naturalis Principia mathematica. — Streben nach der Erkenntnis eines Weltganzen. Ist die Aufgabe lösbar, die gesamte Naturlehre von den Gesetzen der Schwere an bis zu den gestaltenden Thätigkeiten in den organischen und belebten Körpern auf ein Prinzip zurückzuführen? Das Wahrgenommene erschöpft bei weitem nicht das Wahrnehmbare. Die Unvollendbarkeit der Empirie macht die Aufgabe, das Veränderliche der Materie aus den Kräften der Materie zu erklären, zu einer unbestimmten.

A. **Uranologischer Teil** der physischen Weltbeschreibung S. 25—453. Zwei Abteilungen, von welchen die eine den Fixsternhimmel, die andere unser Sonnensystem umfaßt, S. 25.

a. **Astrognosie** (Fixsternhimmel) S. 26—27 (S. 26—250).

I. Weltraum und Vermutungen über das, was den Weltraum zu erfüllen scheint. S. 27—37 und Anm. S. 38—41.

II. Natürliches und teleskopisches Sehen. Funkeln der Gestirne. Geschwindigkeit des Lichtes. Ergebnisse der Photometrie. S. 42—73 und Anm. S. 74—95. — Reihung der Fixsterne nach Lichtintensität S. 96—100.

III. Zahl, Verteilung und Farbe der Fixsterne, Sternhaufen (Sternschwärme). Milchstraße, mit wenigen Nebelflecken gemengt. S. 101—133 und Anm. S. 134—149.

IV. Neu erschienene und verschwundene Sterne. Veränderliche Sterne in gemessenen, wiederkehrenden Perioden. Intensitätsveränderungen des Lichtes in Gestirnen, bei denen die Periodizität noch unerforscht ist. S. 150—181 und Anm. S. 182—186.

V. Eigene Bewegung der Fixsterne. Problematische Existenz dunkler Weltkörper. Parallaxe. Gemessene Ent-

fernung einiger Fixsterne. Zweifel über die Annahme eines Centralkörpers für den ganzen Fixsternhimmel. S. 187–201 und Anm. S. 202–204.

VI. Die vielfachen oder Doppelsterne. Ihre Zahl und ihr gegenseitiger Abstand. Umlaufszeit von zwei Sonnen um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt. S. 205–216 und Anm. S. 217–219.

VII. Die Nebelflecke. Ob alle nur ferne und sehr dichte Sternhaufen sind? Die beiden Magelhaensschen Wolken, in denen sich Nebelflecke mit vielen Sternschwärmen zusammengedrängt finden. Die sogenannten schwarzen Flecken oder Kohlensäcke am südlichen Himmelsgewölbe. S. 220–250 und Anm. S. 251–260.

3. **Sonnengebiet** S. 261–266.

I. Die Sonne, als Centralkörper S. 267–286 und Anm. S. 287–298.

II. Die Planeten S. 299–331 und 348–383, Anm. S. 332–347 und 384–398.

A. Allgemeine Betrachtung der Planetenwelt S. 299 bis 331 und Anm. S. 332–347:
a) Hauptplaneten S. 300–328.
b) Nebenplaneten S. 328–331.

B. Spezielle Aufzählung der Planeten und ihrer Monde, als Teile des Sonnengebiets S. 348–383 und Anm. S. 384 bis 398:
Sonne S. 348–349.
Merkur S. 349–351.
Venus S. 351–352.
Erde S. 352.
Mond der Erde S. 353–365 und Anm. S. 386–392.
Mars S. 365–366.
Die kleinen Planeten S. 367–370: Flora, Victoria, Vesta, Iris, Metis, Hebe, Parthenope, Asträa, Egeria, Irene, Eunomia, Juno, Ceres, Pallas, Hygiea;
Jupiter S. 370–372.
Satelliten des Jupiter S. 372–374.
Saturn S. 374–377.
Satelliten des Saturn S. 377–378.
Uranus S. 378–379.
Satelliten des Uranus S. 379–380.
Neptun S. 381–382.
Satelliten des Neptun S. 382–383.

III. Die Kometen S. 399–412 und Anm. S. 413–420.
IV. Ring des Tierkreislichtes S. 421–424.

V. Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteorsteine. S. 425—443 und Anm. S. 444—448.

Schlußworte S. 449—453.

Berichtigungen und Zusätze S. 454—457.

Inhaltsübersicht S. 458—466.

Nähere Zergliederung der einzelnen Abteilungen des astronomischen Teiles des Kosmos.

α. Astrognosie.

I. Weltraum. – Nur einzelne Teile sind meßbar S. 29. — Widerstehendes (hemmendes) Mittel, Himmelsluft, Weltäther S. 30 und 40 (Anm. 4—7). Wärmestrahlung der Sterne S. 32 und 40 (Anm. 10). — Temperatur des Weltraumes S. 32—35 und 40 (Anm. 11—13). — Beschränkte Durchsichtigkeit? S. 35. Regelmäßig verkürzte Umlaufszeit des Kometen von Encke S. 36 und 41 (Anm. 15). — Begrenzung der Atmosphäre? S. 37.

II. Natürliches und teleskopisches Sehen. — Sehr verschiedene Lichtquellen zeigen gleiche Brechungsverhältnisse S. 44. — Verschiedenheit der Geschwindigkeit des Lichtes glühender fester Körper und des Lichtes der Reibungselektrizität S. 44, 64—67 und 91 (Anm. 33—36). — Lage der Wollastonschen Linien S. 44. — Wirkung der Röhren S. 43 und 74 (Anm. 3). — Optische Mittel, direktes und reflektiertes Licht zu unterscheiden, und Wichtigkeit dieser Mittel für die physische Astronomie S. 45 und 75—76 (Anm. 5—6). — Grenzen der gewöhnlichen Sehkraft S. 45. — Unvollkommenheit des Sehorgans; falsche (faktice) Durchmesser der Sterne S. 47, 77 und 79 (Anm. 8 und 10). — Einfluß der Form eines Gegenstandes auf den kleinsten Sehwinkel bei Versuchen über die Sichtbarkeit, Notwendigkeit des Lichtunterschieds von $^1/_{60}$ der Lichtstärke, Sehen ferner Gegenstände auf positive und negative Weise S. 46—29. — Ueber das Sehen der Sterne bei Tage mit unbewaffnetem Auge aus Brunnen oder auf hohen Bergen S. 49—51 und 80 (Anm. 12). — Ein schwächeres Licht neben einem stärkeren S. 77 (Anm. 8) — Ueberdeckende Strahlen und Schwänze S. 47 und 116—118. — Ueber die Sichtbarkeit des Jupiterstrabanten mit bloßem Auge S. 46 und 78—79 (Anm. 9). — Schwanken der Sterne S. 46 und 81 (Anm. 14). — Anfang des teleskopischen Sehens, Anwendung zur Messung S. 52—54 und 57. — Refraktoren von großer Länge S. 54 und 81 (Anm. 15 bis 17), Reflektoren S. 54—57 und 28 (Anm 18—20). — Tagesbeobachtungen; wie starke Vergrößerungen das Auffinden der Sterne bei Tage erleichtern können S. 58, 59 und 82 (Anm. 21). —

Erklärung des Funkelns und der Scintillation der Gestirne S. 59—63 und 85—88 (Anm. 23—25). — Geschwindigkeit des Lichtes S. 63—67 und 88—92 (Anm. 26—37). — Größenordnung der Sterne; photometrische Verhältnisse und Methoden der Messung S. 68—73 und 92—95 (Anm. 38—45). — Chronometer S. 94. — Photometrische Reihung der Fixsterne S. 96—100.

III. Zahl, Verteilung und Farbe der Fixsterne; Sternhaufen und Milchstraße. — Zustände der Himmelsdecke, welche das Erkennen der Sterne begünstigen oder hindern S. 101—102. — Zahl der Sterne; wie viele mit unbewaffnetem Auge erkannt werden können S. 102—103. — Wie viele mit Ortsbestimmungen und auf Sternkarten eingetragen sind S. 104—110 und 134—138 (Anm. 1—10). — Gewagte Schätzung der Zahl von Sternen, welche mit den jetzigen raumdurchdringenden Fernröhren am ganzen Himmel sichtbar sein könnten S. 110. — Beschauende Astrognosie roher Völker S. 111—113. — Griechische Sphäre S. 113—116 und 138—141 (Anm. 11—16). — Kristallhimmel S. 115—117 und 141—142 (Anm. 17—19). — Falsche Durchmesser der Fixsterne in Fernröhren S. 116—118. — Kleinste Gegenstände des Himmels, die noch teleskopisch gesehen werden S. 118 und 143 (Anm. 23). — Farbenverschiedenheit der Sterne, und Veränderungen, welche seit dem Altertum in den Farben vorgegangen S. 118—121 und 143—146 (Anm. 20—28). Sirius (Sothis) S. 120 und 144—146 (Anm. 28). — Die vier königlichen Sterne S. 121—122. — Allmähliche Bekanntschaft mit dem südlichen Himmel S. 122—123 und 146 (Anm. 30). — Verteilung der Fixsterne, Gesetze relativer Verdichtung, Eichungen S. 123 bis 124. — Sternhaufen und Sternschwärme S. 124—127. — Milchstraße S. 127—133 und 147—149 (Anm. 33—45).

IV. Neu erschienene und verschwundene Sterne, veränderliche Sterne, und Intensitätsveränderungen des Lichtes in Gestirnen, in welchen die Periodizität noch nicht erforscht ist. — Neue Sterne in den letzten zweitausend Jahren S. 150 bis 162 und 182—184 (Anm. 1—6). — Periodisch veränderliche Sterne; Historisches S. 163—165, Farbe S. 165, Zahl S. 165; Gesetzliches in scheinbarer Unregelmäßigkeit, große Unterschiede der Helligkeit, Perioden in den Perioden S. 166—169. — Argelanders Tabelle der veränderlichen Sterne, mit Kommentar S. 170—176 und 184—185 (Anm. 7—10). — Veränderliche Sterne in unbestimmten Perioden (η Argûs, Capella, Sterne des großen und kleinen Bären) S. 176—180. — Ausblick auf mögliche Veränderungen in der Temperatur der Erdoberfläche S. 180—181.

V. Eigene Bewegung der Fixsterne, dunkle Weltkörper, Parallaxe; Zweifel über die Annahme eines Centralkörpers für den ganzen Fixsternhimmel. — Veränderung des physiognomischen Charakters der Himmelsdecke S. 187—188. — Quantität der eigenen Bewegung S. 189. —

Beweise für die wahrscheinliche Existenz nicht leuchtender Körper S. 190—192. — Parallaxe und Messung des Abstandes einiger Fixsterne von unserem Sonnensystem S. 192—196 und 202—203 (Anm. 7—9). — Die Aberration des Lichtes kann bei Doppelsternen zur Bestimmung der Parallaxe benutzt werden S. 197. — Die Entdeckung der eigenen Bewegung der Fixsterne hat auf die Kenntnis der Bewegung unseres eigenen Sonnensystemes, ja zur Kenntnis der Richtung dieser Bewegung geführt S. 189 und 197—198. — Problem der Lage des Schwerpunktes des ganzen Fixsternhimmels. Centralsonne? S. 199—201 und 203—204 (Anm. 16 und 17).

VI. Doppelsterne, Umlaufszeit von zwei Sonnen um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt. — Optisch- und physische Doppelsterne S. 205; Zahl S. 206—211. — Einfarbigkeit und verschiedenartige Farben; letztere nicht Folge optischer Täuschung, des Kontrastes der Komplementarfarben S. 211 bis 213 und 218—219 (Anm. 7—10). — Wechsel der Helligkeit S. 213. — Mehrfache (3 bis 6fache) Verbindungen S. 214. — Berechnete Bahnelemente, halbe große Achsen und Umlaufszeit in Jahren S. 214—216.

VII. Nebelflecke, Magelhaensche Wolken und Kohlensäcke. — Auflöslichkeit der Nebelflecke; ob sie alle ferne und dichte Sternhaufen sind? S. 220 und 253 (Anm. 13 und 14). — Historisches S. 221—229 und 254 (Anm. 20). — Zahl der Nebelflecke, deren Position bestimmt ist S. 229—231 und 254 (Anm. 16 und 17). — Verteilung der Nebel und Sternhaufen in der nördlichen und südlichen Himmelssphäre S. 231; nebelärmere Räume und Maxima der Gedrängtheit S. 232—233 und 254 (Anm. 18). — Gestaltung der Nebelflecke: kugelförmige, Ringnebel, spiralförmige Doppelnebel, planetarische Nebelsterne S. 233—237. — Nebelfleck (Sternhaufen) der Andromeda S. 126—127, 222 bis 224 und 256 (Anm. 20); Nebel im Schwerte des Orion S. 224 bis 225, 237—239, 251—253, 257 und 258 (Anm. 5, 15, 29, 30, 32 und 33); großer Nebelfleck um η Argûs S. 239, Nebelfleck im Schützen S. 240, Nebelflecke im Schwan und im Fuchse; Spiralnebelfleck im nördlichen Jagdhunde S. 240—241. — Die beiden Magelhaensschen Wolken S. 242—247 und 259 (Anm. 42). — Schwarze Flecken oder Kohlensäcke S. 247—250 und 260 (Anm. 44 und 45).

β. Sonnengebiet: Planeten und ihre Monde, Ring des Tierkreislichtes und Schwärme der Meteorasteroiden S. 261—265.

I. Die Sonne als Centralkörper. — Numerische Angaben S. 267—269 und 287—288 (Anm. 2—4). — Physische Beschaffenheit der Oberfläche; Umhüllungen der dunkeln Sonnenkugel; Sonnenflecken, Sonnenfackeln S. 269—277 und 288—292 (Anm. 4, 5, 6, 7, 10, 13 und 14). — Abnahmen des Tageslichtes, von welchen die

Annalisten Kunde geben; problematische Versinsterungen S. 277 und 292—295 (Anm. 15). — Intensität des Lichtes im Centrum der Sonnenscheibe und an den Rändern S. 278—282 und 295 bis 298 (Anm. 18 und 19). — Verkehr zwischen Licht, Wärme, Elektrizität und Magnetismus; Seebeck, Ampère, Faraday S. 282. — Einfluß der Sonnenflecken auf die Temperatur unseres Luftkreises S. 283—286.

II. Die Planeten.

A. Allgemeine vergleichende Betrachtungen.

a. Hauptplaneten.

1) Zahl und Epochen der Entdeckung S. 300—304; Namen, Planetentage (Woche) und Planetenstunden S. 333 bis 340 (Anm. 8 und 9).

2) Verteilung der Planeten in zwei Gruppen S. 304 bis 307.

3) Absolute und scheinbare Größe, Gestaltung S. 307 bis 310.

4) Reihung der Planeten und ihre Abstände von der Sonne, sogenanntes Gesetz von Titius; alter Glaube, daß die Himmelskörper, welche wir jetzt sehen, nicht alle von jeher sichtbar waren, Proselenen S. 310—316 und 340—346 (Anm. 11—23).

5) Massen der Planeten S. 317.

6) Dichtigkeit der Planeten S. 317—318.

7) Siderische Umlaufszeit und Achsendrehung S. 319 bis 320.

8) Neigung der Planetenbahnen und Rotationsachsen, Einfluß auf Klimate S. 320—325 und 346 (Anm. 27).

9) Exzentrizität der Planetenbahnen S. 325—327.

b. Nebenplaneten S. 328—331.

B. Spezielle Betrachtung, Aufzählung der einzelnen Planeten und ihr Verhältnis zur Sonne als Centralkörper:

Sonne S. 348—349.

Merkur S. 349—351.

Venus: Flecken S. 351—351.

Erde: numerische Verhältnisse S. 352—353.

Mond der Erde: licht- und wärmeerzeugend; aschgraues Licht oder Erdenlicht im Monde; Flecken; Natur der Mondoberfläche, Gebirge und Ebenen, gemessene Höhen; herrschender Typus kreisförmiger Gestaltung, Erhebungskrater ohne fortdauernde Eruptionserscheinungen, alte Spuren der Reaktion des Inneren gegen das Aeußere (die Oberfläche); Mangel von Sonnen- und Erdfluten, wie von Strömungen als fortschaffenden Kräften, wegen Mangels eines flüssigen Elementes; wahrscheinliche geognostische Folgen dieser Verhältnisse S. 353 bis 365 und 386—392. Anm. 15—36.

Mars: Abplattung, Oberflächenansehen, verändert durch den Wechsel der Jahreszeiten S. 365—366.
Die kleinen Planeten S. 367—370.
Jupiter: Rotationszeit, Flecken und Streifen S. 370 bis 372;
Satelliten des Jupiter S. 372—374.
Saturn: Streifen, Ringe, exzentrische Lage S. 374 bis 377;
Satelliten des Saturn S. 377—378.
Uranus S. 378—379;
Satelliten des Uranus S. 379—380.
Neptun: Entdeckung und Elemente S. 381—382 und 397 (Anm. 61);
Satelliten des Neptun S. 382—383.

III. Die Kometen. — Bei der kleinsten Masse ungeheure Räume ausfüllend; Gestaltung, Perioden des Umlaufs, Teilung, Elemente der inneren Kometen S. 399—412 und 414—420 (Anm. 4, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18 und 19).

IV. Der Ring des Tierkreislichtes. — Historisches. — Intermittenz zweifach: stündliche und jährliche? — Zu unterscheiden, was dem kosmischen Lichtprozesse selbst im Ringe des Tierkreislichtes angehört, was der veränderlichen Durchsichtigkeit der Atmosphäre. — Wichtigkeit einer langen Reihe korrespondierender Beobachtungen unter den Tropen in verschiedenen Höhen über dem Meere bis neun- und zwölftausend Fuß. — Gegenschein wie beim Untergang der Sonne. — Vergleich in derselben Nacht mit bestimmten Teilen der Milchstraße. — Ob der Ring des Zodiakallichtes mit der Ebene des Sonnenäquators zusammenfällt S. 421—424.

V. Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteorsteine: Aelteste chronologisch sicher bestimmte Aerolithenfälle, und Einfluß, welchen der Steinfall zu Aegos Potamoi und die kosmische Erklärung desselben auf die Weltansichten des Anaxagoras und Diogenes von Apollonia (aus der neueren ionischen Schule) ausgeübt haben; Umschwung, welcher der Stärke des Falles entgegenwirkt (Centrifugalkraft und Gravitation); S. 425—429 und 444—445 (Anm. 2—5). — Geometrische und physische Verhältnisse der Meteore, bei sporadischen und periodischen Meteorfällen; Radiation der Sternschnuppen, bestimmte Ausgangspunkte; Mittelzahl der sporadischen und periodischen Sternschnuppen in einer Stunde nach Verschiedenheit der Monate; S. 429 bis 433 und 445 (Anm. 7—11). — Außer dem Strom des heil. Laurentius und dem jetzt schwächeren Novemberphänomen sind noch 4 bis 5 andere periodisch im Jahre wiederkehrende Sternschnuppenfälle als sehr wahrscheinlich erkannt worden S. 433—435 und 445—446 (Anm. 12 und 13). — Höhe und Geschwindigkeit der Meteore S. 435. — Physische Verhältnisse, Färbung und Schweife, Verbrennungsprozeß, Größe; Beispiele der Entzündung

von Gebäuden: S. 435—438. — Meteorsteine; Aerolithenfälle bei heiterem Himmel oder nach Entstehung eines kleinen, dunklen Meteorgewölkes S. 438—440 und 447—448 (Anm. 14 und 15). — Problematische Häufigkeit der Sternschnuppen zwischen Mitternacht und den frühen Morgenstunden (stündliche Variation) S. 440. — Chemische Verhältnisse der Aerolithen: Analogie mit den Gemengteilen tellurischer Gebirgsarten S. 440—443 und 448.

Schlußworte. — Rückblick auf das Erstrebte. — Beschränkung nach der Natur der Komposition einer physischen Weltbeschreibung. — Darstellung thatsächlicher Beziehungen der Weltkörper gegeneinander. — Keplers Gesetze planetarischer Bewegung. — Einfachheit der uranologischen Probleme im Gegensatz zu den tellurischen, wegen Ausschlusses der Wirkungen, welche aus Stoffverschiedenheit und Stoffwechsel entstehen. — Elemente der Stabilität des Planetensystemes S. 449—453.

Berichtigungen und Zusätze S. 454—457.

Inhaltsübersicht S. 458—466.

AC
35
H85
Bd.1-3

Humboldt, Alexander, Freiherr von
Gesammelte Werke

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

NOT WANTED IN RBSC